SOCIETATEA DE ȘTIINȚE
FIZICE ȘI CHIMICE
DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

BULETIN
DE
FIZICĂ ȘI CHIMIE

ANUL V — VOLUMUL V — 1981

BULETIN DE FIZICĂ ŞI CHIMIE
VOL. V — nr. 5 — 1981

STIMAŢI TOVARĂŞI PROFESORI,

Vă rugăm să participaţi cu referate şi comunicări la acţiunile cuprinse în planul de activitate al Societăţii de Ştiinţe Fizice şi Chimice pe anul 1982, după cum urmează :

— Consfătuirea cu tema **„ORIENTĂRI MODERNE ÎN PREDAREA INTERDISCIPLINARĂ A FIZICII ŞI CHIMIEI"** care se va organiza la Miercurea Ciuc în luna mai a.c. Referatele vor fi trimise la Societatea de Ştiinţe Fizice şi Chimice pînă la data de 25 martie a.c.

— **„CONFERINŢA NAŢIONALĂ DE FIZICĂ"** organizată în colaborare cu Universitatea Bucureşti, ce va avea loc în Bucureşti în luna septembrie.

COMITETUL DE REDACŢIE

Prof. dr. doc. *Victor Sahini*, membru corespondent al Academiei R.S.R. ; conf. dr. *Constantin Albu* ; cercetător dr. *Octav Gheorghiu* ; lector univ. dr. *Nicolae Gherbanovschi* ; lector univ. *Ioan Druică-Zelețin* ; prof. *Alexandru Burcin* ; prof. *Iunian Chelu* ; prof. *Cornelia Gheorghiu* ; prof. *Dumitru Manda* ; prof. *Rodica Nicolaiciuc* ; prof. *Lidia Panaiotu* ; prof. *Sanda Vrabie* ; redactor principal chimie *Petruța Miu* ; redactor principal fizică *Veronica Popa*

REDACŢIA : Spiru Haret 12, Tel. 16.42.86 — Bucureşti
Cod 79.514

Scanned with OKEN Scanner

PROBLEMA ENERGIEI ŞI TEHNICA MODERNĂ

Conf. Univ. dr. *I. GAVRILĂ*, Prof. Univ. dr. ing. *C. ILIESCU* *Braşov

1. Introducere

Dezvoltarea rapidă a tehnicii moderne actuale, pe de o parte, consumul tot mai ridicat de energie şi epuizarea treptată a principalelor resurse energetice pe de alta, crează o contradicţie acută, ce pare de neînlăturat : „criza energiei".

Cercetările intense, care concentrează mari forţe în direcţia descoperirii unor alte surse energetice alternative, nu pot duce imediat la soluţionarea acestei crize, deoarece, chiar sursele energetice neconvenţionale asupra cărora s-au terminat toate cercetările şi încercările, au o răspîndire extrem de restrînsă în economie, iar altele se află în fază experimentală de laborator sau de pilot. Răspunderea generală a surselor energetice moderne are nevoie de o perioadă de timp de cîteva decenii.

Din istoria ştiinţei se poate de altfel constata că perioada de punere la punct şi de generalizare a unei tehnologii noi este în medie de 60 de ani. Un exemplu îl constituie fenomenul inducţiei electromagnetice descoperite de Faraday (1832). Un exemplu mai recent, îl constituie descoperirea fenomenului de fisiune modernă de către O. Hahn şi F. Strassman (1939), iar primul reactor nuclear a fost construit în 1942. Prima aplicaţie paşnică a acestui fenomen o constituie centrala electronucleară de la Obninsk (URSS, 1954). La 25 de ani de la acest eveniment energia electrică produsă de centralele electronucleare existente constituie doar 5,8 % din energia electrică produsă la scară mondială.

La o analiză a distribuţiei cercetării ştiinţifice pe plan mondial se poate constata o concentrare maximă a numărului de cercetători în domeniile cele mai noi ale ştiinţei, pe care le abandonează de îndată ce apar altele mai noi. De exemplu în deceniul patru şi cinci din secolul nostru cele mai multe lucrări ştiinţifice publicate erau din domeniul fizicii nucleare, pentru ca în deceniile următoare acest maxim să se deplaseze spre cercetări în domeniul fizicii moleculare şi apoi în domeniul fizicii solidului. Putem afirma acelaşi lucru şi în alte domenii. În momentul de faţă se concentrează un număr maxim de capacităţi de cercetare asupra descoperirii de surse alternative de energie, abandonîndu-se aproape în întregime cercetările asupra surselor clasice care sînt răspîndite peste tot în economia naţională şi mondială, dar insuficient exploatate.

Creşterea capacităţii energetice a surselor clasice de energie cu numai 5—10 % în urma stimulării acestora cu ajutorul unor tehnologii moderne, înseamnă crearea unor disponibilităţi uriaşe de energie care pot asigura cerinţele mereu crescînde ale consumatorilor pînă la dezvoltarea şi răspîndirea în economie a surselor alternative de energie. De aceea considerăm că creşterii capacităţii surselor clasice de energie trebuie să i se acorde o pondere mare în prezent deoarece acest spor trebuie folosit pentru acoperirea necesităţilor energetice încă un timp îndelungat : timpul necesar pentru introducerea şi răspîndirea în întreaga economie mondială a surselor alternative de energie (apreciat la cîteva decenii).

*) Universitatea

În acest sens este necesară folosirea a două metode de cercetare: a) Stimularea prin metode moderne a energiei de activare a surselor energetice și b) Introducerea unor tehnologii moderne de mare productivitate cu un consum redus de energie.

2. Stimularea energiei de activare a generatoarelor chimice de curent continuu

Generatoarele chimice de curent continuu nu debitează întreaga energie înmagazinată sub forma de energie chimică. Folosind metode de stimulare a energiei de activare a acestora, se pot obține creșteri ale capacității lor energetice de debitare.

O astfel de metodă constă în acțiunea cîmpului ultrasonor asupra acumulatoarelor electrice cu electrozi de plumb [1—4]. Acțiunea ultrasunetului asupra electrolitului are ca efect o creștere a numărului de ioni HSO_4^-, datorită mobilităților mari ale ionilor H^+ și OH^-, cauzată de salturi ale protonilor în cadrul legăturilor de punți de hidrogen [5], și datorită prezenței ionilor H_3O^+. Aceasta dă loc la reacția:

$$H^+ + SO_4^{2-}.H_2O \rightleftharpoons HSO_4^- + H_2O \qquad (1)$$

Ionii HSO_4^-, precum și un număr mare de radicali H, OH și alte particule bogate în energie, facilitează procesul de difuziune care are loc în acumulator, schimbul de substanță efectuîndu-se pînă în profunzimea electrozilor. Aceasta asigură o porozitate mare a acestora ceea ce are ca efect mărirea suprafeței active a lor. Ca o consecință se reduce la minim polarizarea electrozilor în timpul încărcării, tensiunea de la borne menținîndu-se la valori coborîte (fig. 1 linia 2) și se asigură un schimb de substanță mai mare la acumulatorul de probă, în comparație cu acumulatorul de referință:

$$\Delta m = \frac{KI}{2}(t^2 - t_0^2) \qquad (2)$$

unde $\Delta m = m - m_0$; m — masa de acid sulfuric transformată prin difuzie în acumulatorul de probă, iar m_0 — masa corespunzătoare din acumulatorul de referință, I — intensitatea curentului de încărcare, K — echivalentul electronic al substanței respective, t, t_0 — — timpul de încărcare pentru acumulatorul de probă și de referință.

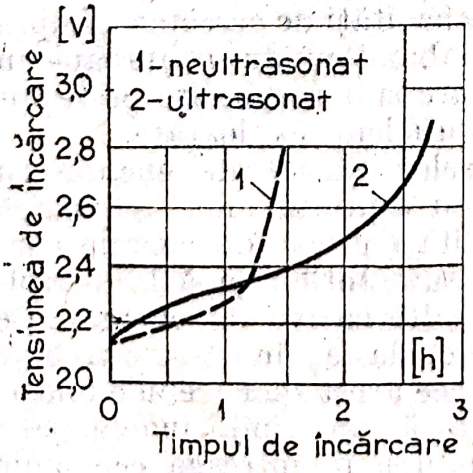


Fig. 1. Caracteristicile de încărcare ale unui element de acumulat de tracțiune tip PAS.

În timpul încărcării la intensități mari de curent, la acumulatorul de referință apare după un anumit timp polarizarea electrozilor, ceea ce duce la o creștere bruscă a tensiunii de la borne, respectiv la apariția electrolizei apei și la încetarea procesului de difuziune în interiorul electrozilor (fig. 1 linia 1). La acumulatorul de probă polarizarea electrozilor e minimă și încărcarea continuă încă (fig. 1, linia 2). Descărcarea prin aceeași intensitate de

În acest sens este necesară folosirea a două metode de cercetare: a) Stimularea prin metode moderne a energiei de activare a surselor energetice şi b) Introducerea unor tehnologii moderne de mare productivitate cu un consum redus de energie.

2. Stimularea energiei de activare a generatoarelor chimice de curent continuu

Generatoarele chimice de curent continuu nu debitează întreaga energie înmagazinată sub forma de energie chimică. Folosind metode de stimulare a energiei de activare a acestora, se pot obţine creşteri ale capacităţii lor energetice de debitare.

O astfel de metodă constă în acţiunea cîmpului ultrasonor asupra acumulatoarelor electrice cu electrozi de plumb [1—4]. Acţiunea ultrasunetului asupra electrolitului are ca efect o creştere a numărului de ioni HSO_4^-, datorită mobilităţilor mari ale ionilor H^+ şi OH^-, cauzată de salturi ale protonilor în cadrul legăturilor de punţi de hidrogen [5], şi datorită prezenţei ionilor H_3O^+. Aceasta dă loc la reaIţia:

$$H^+ + SO_4^{2-}.H_2O \rightleftharpoons HSO_4^- + H_2O \qquad (1)$$

Ionii HSO_4^-, precum şi un număr mare de radicali H, OH ş ialte particule bogate în energie, facilitează procesul de difuziune care are loc în acumulator, schimbul de substanţă efectuîndu-se pînă în profunzimea electrozilor. Aceasta asigură o porozitate mare a acestora ceea ce are ca efect mărirea suprafeţei active a lor. Ca o consecinţă se reduce la minim polarizarea electrozilor în timpul încărcării, tensiunea de la borne menţinîndu-se la valori coborîte (fig. 1 linia 2) şi se asigură un schimb de substanţă mai mare la acumulatorul de probă, în comparaţie cu acumulatorul de referinţă:

$$\Delta m = \frac{KI}{2}(t^2 - t_0^2) \qquad (2)$$

unde $\Delta m = m - m_0$; m — masa de acid sulfuric transformată prin difuzie în acumulatorul de probă, iar m_0 — masa corespunzătoare din acumulatorul de referinţă, I — intensitatea curentului de încărcare, K — echivalentul electronic al substanţei respective, t, t_0 — — timpul de încărcare pentru acumulatorul de probă şi de referinţă.

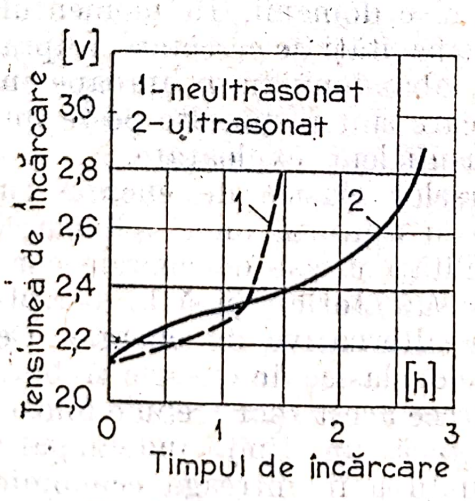


Fig. 1. Caracteristicile de încărcare ale unui element de acumulat de tracţiune tip PAS.

În timpul încărcării la intensităţi mari de curent, la acumulatorul de referinţă apare după un anumit timp polarizarea electrozilor, ceea ce duce la o creştere bruscă a tensiunii de la borne, respectiv la apariţia electrolizei apei şi la încetarea procesului de difuziune în interiorul electrozilor (fig. 1 linia 1). La acumulatorul de probă polarizarea electrozilor e minimă şi încărcarea continuă încă (fig. 1, linia 2). Descărcarea prin aceeaşi intensitate de

curent : are loc în acumulatorul de probă cu o densitate mai mică de curent (i) în comparaţie cu densitatea curentului din acumulatorul de referinţă (i_0).

$$I = I_0 = \iint_S \vec{i}\,\overrightarrow{ds} = \iint_{S_0} \vec{i}_0 \cdot \overrightarrow{ds} \qquad (3)$$

$$i < i_0 \text{ pentru că } S > S_0 \qquad (4)$$

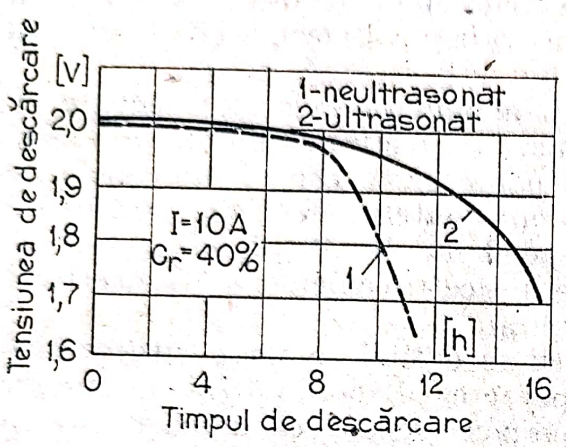


Fig. 2. Caracteristicile de descărcare prin curenţi de 10 A ale acumulatoarelor de tracţiune tip PAS.

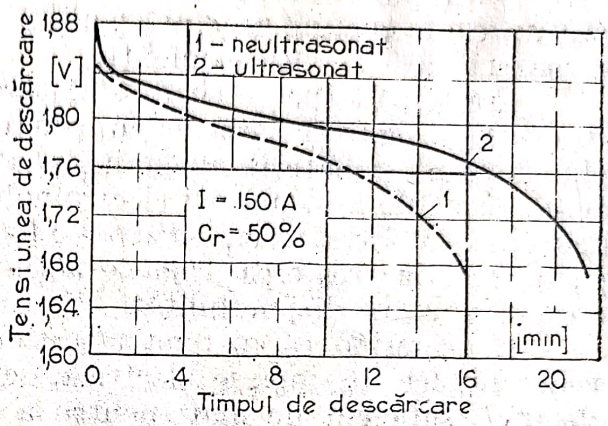


Fig. 3. Caracteristicile de descărcare prin curenţi de $I = 150$ A, a acumulatoarelor de tracţiune tip PAS.

S, S_0 — suprafaţa activă a electrozilor acumulatorului de probă respectiv a acumulatorului de referinţă. În figura 2 şi figura 3 sînt prezentate caracteristicile de debitare ale unor acumulatoare de tracţiune tip PAS, descărcate prin curenţi de intensităţi de 10 A şi de 150 A, ultrasonate, în comparaţie cu cele de referinţă.

Aceleaşi procese intensificate se realizează şi la acumulatoarele de pornirea autovehiculelor ultrasonate, urmate de creşteri ale capacităţii de debitare de 40—50 %.

Datorită suprafeţei active mai mari, acumulatoarele ultrasonate funcţionează în mai bune condiţiuni la temperaturi scăzute sub zero grade Celsius. În figura 4 sînt prezentate rezultatele comparative ale acumulatoarelor de 12 V 45 Ah ultrasonate şi de referinţă.

Din rezultatele cercetărilor relatate mai sus rezultă că cele mai mari creşteri ale capacităţii de debitare la acumulatoarele ultrasonate, se obţin la descărcarea prin curenţi de intensităţi mari. Cum la tracţiunea electrică se utili-

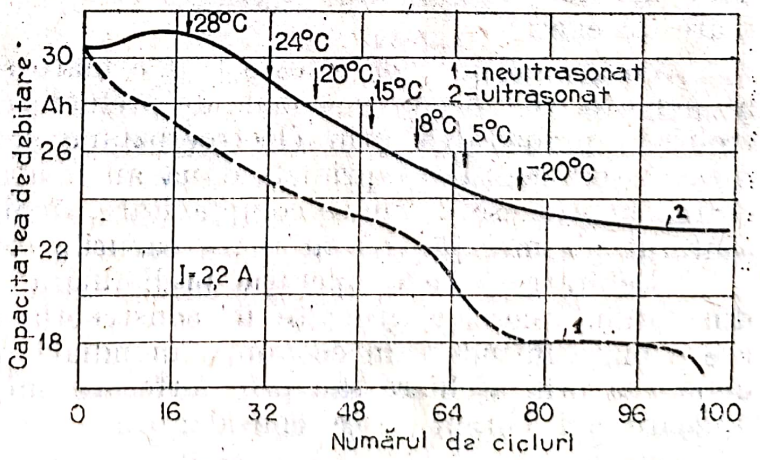


Fig. 4. Variaţia capacităţii de descărcare în funcţie de numărul de cicluri, la diferite temperaturi a acumulatoarelor de 12 V; 45 Ah.

zează curenţi mari, rezultă că aceste metode moderne de stimulare, deschid largi perspective extinderii în toate domeniile economiei, a utilizării electromobilelor, electrocarelor, electrostivuitoarelor etc.

Utilizîndu-se baterii de acumulatoare ultrasonate la un electrostivuitor de 1000 kg s-a obţinut o creştere a activităţii acestuia de 33% în comparaţie cu un electrostivuitor cu baterii neultrasonate. Calcule estimative arată că pentru aceeaşi activitate desfăşurată de 14 electrostivuitoare se pot folosi numai 10 electrostivuitoare cu baterii ultrasonate. Privind din punct de vedere energetic se poate spune că devine disponibilă cantitatea de energie necesară pentru construirea a 4 electrostivuitoare şi a 4 baterii a cîte 12 elemenţi.

Creşterea capacităţii de debitare a acumulatoarelor ultrasonate cu 40—50%, asigură o independenţă mai mare a electromobilului. Dè exemplu, dacă cu o baterie obişnuită poate parcurge în cadrul unui ciclu de descărcare 100 km, acelaşi electromobil cu o baterie identică, ultrasonată în momentul formării ei, va avea o independenţă de 140—150 km. Aceastăparte duce la creşterea ariei de acţiune a electrovehiculelor, respectiv la creşterea unor disponibilităţi de carburanţi.

Considerînd că metoda ultrasonării se extinde asupra tuturor surselor chimice de energie electrică, se pot crea disponibilităţi de energie electrică suficient de mari pentru a compensa creşterea numărului consumatorilor din acest domeniu.

Tehnologie modernă de înaltă productivitate şi consum redus de energie

Cercetările moderne în domeniul ştiinţei aplicate au urmarit creşterea productivităţii muncii fără a ţine seama de consumul de energie al tehnologiei aplicate. S-a ajuns astfel la rezultate spectaculoase prin performanţele de productivitate, de mecanizare şi automatizare, dar cu consumuri mari de energie.

În domeniul tehnologiei de prelucrare a metalelor, „risipa" de fantezie creatoare a unor specialişti în construcţia de maşini, a dus deseori la elaborarea unor tehnologii costisitoare şi implicit, la conceperea unor maşini sau instalaţii complexe, care necesită un consum foarte mare de energie.

Consumul de energie este foarte mare şi la aplicarea în producţie a unor procedee neconvenţionale de prelucrare cum este prelucrarea electrolitică, prelucrarea prin electroeroziune şi în special, prelucrarea cu plasmă termică. Dacă primele două au o utilizare unică privind prelucrarea unor piese de mare complexitate, debitarea pieselor din tablă cu ajutorul plasmei [6] nu în toate cazurile este justificată.

Debitarea este o operaţie preliminară care se aplică la 75—80% din totalul pieselor utilizate în construcţia de maşini. Acest domeniu are o mare întindere în economia mondială, iar consumul de energie la debitarea prin aşchiere sau prin forfecare obişnuită (la rece sau la cald) aplicate azi curent, este considerabil.

Se impune deci, ca o necesitate, intensificarea cercetărilor pentru folosirea unor noi metode de debitare, care să realizeze o înaltă productivitate şi să elimine consumurile mari de energie.

Scanned with OKEN Scanner

Debitarea de precizie prin forfecare la rece este unul din rezultatele acestor cercetări [7—8]. Datorită concentrării forțelor pe o anumită direcție preferențială, întreaga energie consumată este utilizată exclusiv pentru dislocarea particulelor de metal. Se elimină astfel pierderile de energie care au loc prin metodele clasice uzuale și se obține o mare productivitate datorită unor concentrări de forțe pe suprafețe mici.

Mașinile de debitare prin forfecare sînt construite pe principiul strîngerii barei pe cuțitul fix 1, cu o anumită forță Q_1 prin intermediul fălcii 2 și sprijinirii capătului de tăiat cu o falcă 3, acționată de o forță Q_2 (fig. 5). Astfel forța, F_1 a berbecului, care se transmite cuțitului mobil 4 este compusă din forța F, necesară forfecării, și din forța de reacțiune Q_2. Pentru realizarea unei forfecări corespunzătoare, forța de strîngere Q_2 trebuie să fie aproape egală cu forța de forfecare F_1:

$$Q_2 = F_1. \qquad (5)$$

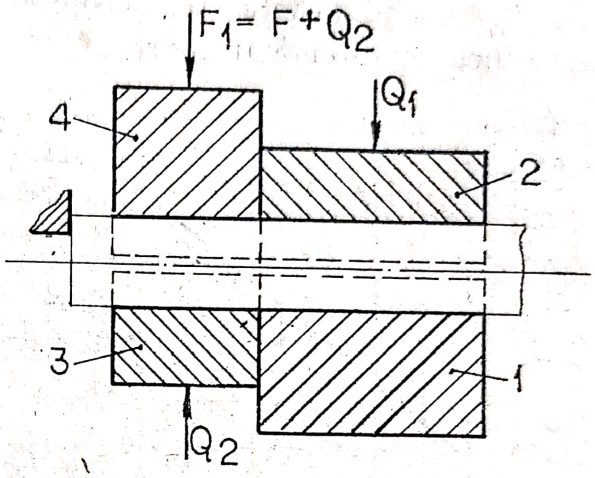


Fig. 5. Schema forțelor de strîngere și forfecare a semifabricatului la mașinile clasice de debitare prin forfecare la rece.

Rezultă că forța nominală a acestor mașini (F_1) trebuie să fie de două ori mai mare decît forța necesară de debitare (F), adică:

$$F_1 = 2F. \qquad (6)$$

Dispozitivele aferente acestui procedeu de debitare de precizie prin forfecare la rece, aparțin unor autori români și sînt depuse pentru brevetare în R.F.G. și Franța. Ca și mașinile construite ulterior și depuse pentru brevetare în România, acestea sînt construite pe principiul autostrîngerii barei în zona de forfecare (fig. 6) pe baza principiului acțiunii și reacțiunii forțelor. La unele dispozitive forța activă F_1' (a berbecului) este egală cu forța necesară pentru debitarea barelor F și, bineînțeles, cu cea de autostrîngere a acestora Q_2.

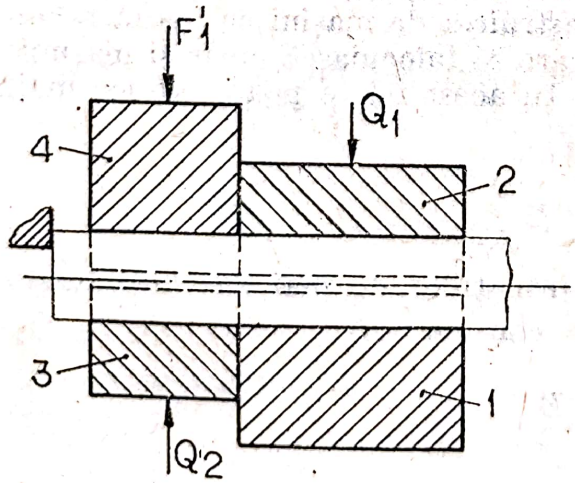


Fig. 6. Schema forțelor de strîngere și forfecare a semifabricatului la mașinile de debitare de precizie prin forfecare la rece.

$$F_1' = F = Q_2 = \frac{F_1}{2}. \qquad (7)$$

adică forța nominală a acestor utilaje este de două ori mai mică decît forța de forfecare necesară utilajelor clasice.

Scanned with OKEN Scanner

Dispozitivele şi maşinile de debitare prin forfecare de precizie la rece, cele mai recente, realizează o multiplicare a forţei de tăiere de 6 ori faţă de dispozitivele clasice şi un consum redus de energie.

Dacă se compară noua metodă de debitare de precizie prin forfecare la rece, cu multiplicare de forţă, cu tăierea prin jet de plasmă, considerat unul din cele mai moderne procedee de debitare, reiese că, pentru aceeaşi cantitate de piese debitate, consumul de energie la generatoarele cu plasmă este incomparabil mai mare.

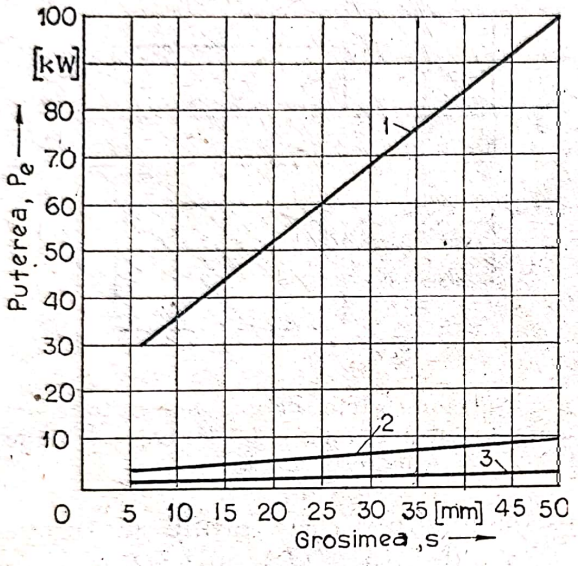


Fig. 7. Consumul de energie la debitarea prin diferite procedee.

Reprezentăm grafic în figura 7 funcţia $P = f(s)$. P este puterea generatorului cu plasmă, sau puterea maşinii de debitare; s este grosimea materialului tăiat, în ipoteza că aria A, a secţiunii transversale a materialului tăiat, este aceeaşi în ambele cazuri.

Caracteristicile de funcţionare ale generatorului cu plasmă şi ale maşinilor de debitare moderne, sînt prezentate în fig. 7. Se poate constata că pentru o debitare identică, în unitatea de timp, generatorul cu plasmă are nevoie de o putere mai mare (fig. 7 linia 1) în comparaţie cu puterea necesară maşinii de debitare de precizie prin forfecare, fără multiplicare de forţă (fig. 7 linia-2) şi cu puterea necesară pentru maşina de debitare de precizie cu multiplicare de forţă (fig. 7 linia 3). Aceasta dovedeşte că şi energia consumată de maşinile propuse de noi este foarte mică.

Ţinînd cont de acest punct de vedere, mulţi cercetători pot acţiona, în alte domenii productive, pentru construirea de maşini cu înaltă tehnicitate şi cu consum redus de energie care să înlocuiască chiar şi maşinile moderne cu consum mare de energie. În acest fel se poate reduce mult numărul consumatorilor de energie.

3. Consecinţe

Pentru a sublinia importanţa afirmaţiilor de mai sus introducem noţiunea de densitate de energie de consum :

$$w = \frac{E}{N} \tag{8}$$

unde — E reprezintă energia, iar N — numărul consumatorilor care funcţionează pe baza acestei energii.

Scanned with OKEN Scanner

Densitatea de consum totală w_t' din toate sectoarele economiei se poate scrie sub forma:

$$w_t' = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} E_1}{\sum_{i=1}^{n_1'} N_1} + \frac{\sum_{i=1}^{n_2} E_1}{\sum_{i=1}^{n_2'} N_1} + \frac{\sum_{i=1}^{n_3} E_t}{\sum_{i=1}^{n_3'} N_1} + \ldots + \frac{\sum_{i=1}^{n_k} E_k}{\sum_{i=1}^{n_k'} N_1} \tag{9}$$

unde E_i reprezintă energia produsă dintr-un fel de energie primară, N_i — consumatorii aprovizionați cu acest fel de energie, n_i — numărul surselor de energie a anumitei energii primare și n_i' — numărul aparatelor care consumă felul respectiv de energie.

Indicii reprezintă după cum urmează 1 energie rezultată din produse petroliere, 2 — energie chimică, 3 — energie produsă de curentul alternativ, I — energia livrată de surse alternative de energie, K — energiile necuprinse în aprecierea noastră,

Dacă notăm cu

$$w_t' = \frac{\sum_{i=1}^{n_i} E_1}{\sum_{i=1}^{n_i'} N_1} \tag{10}$$

relația (9) se poate scrie și sub forma

$$w_t' = w_1' + w_2' + w_3' + \ldots + w_I' + \ldots + w_k' \tag{11}$$

În condițiile actuale considerăm numărul consumatorilor (n_i') mai mic decît numărul (n_i) al surselor de energie $(n_i' < n_i)$. Rezultă că

$$w_t' > w_t$$

unde w_t — reprezintă densitatea de energie pentru deservirea unui număr $n_i' = n_i$ de consumatori.

$$w_t = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} E_1}{\sum_{i=1}^{n_1} N_1} + \frac{\sum_{i=1}^{n_2} E_1}{\sum_{i=1}^{n_2} N_1} + \frac{\sum_{i=1}^{n_3} E_1}{\sum_{i=1}^{n_3} N_1} + \ldots + \frac{\sum_{i=1}^{n_k} E_1}{\sum_{i=1}^{n_3} N_1} \tag{12}$$

ceea ce se mai poate scrie

$$w_t = w_1 + w_2 + w_3 + \ldots + w_k \tag{13}$$

w_t reprezintă densitatea de energie limită, în care un număr de consumatori poate funcționa la un moment dat, cu sursele existente de energie, care nu mai pot fi sporite.

Scanned with OKEN Scanner

Deoarece numărul consumatorilor continuă să crească cu dezvoltarea economiei, în timp ce, numărul surselor de energie rămîne constant, se poate ajunge la aceea că densitatea de energie să fie mai mică decît energia limită :

$$w'' = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} E_i}{\sum_{i=1}^{n_1} (N_i + \Delta N_i)} + \frac{\sum_{i=1}^{n_2} E_i}{\sum_{i=1}^{n_2} (N_i + \Delta N_i)} + \frac{\sum_{i=1}^{n_3} E_i}{\sum_{i=1}^{n_3} (N_i + \Delta N_i)} + \cdots + \frac{\sum_{i=1}^{n_k} E_i}{\sum_{i=1}^{n_k} (N_i + \Delta N_i)} \tag{14}$$

Astfel energia existentă nu mai poate satisface cererea consumatorilor, deci apare criza de energie ($w'' < w_t$)

După părerea noastră această criză poate fi evitată dacă se acționează la timp. Concentrarea cercetării asupra stimulării energiei de activare prin metode moderne, poate duce la creșterea capacității energetice a acestora. Dat fiind răspîndirea lor în întreaga economie, aceste creșteri însumate pot reprezenta valori însemnate. Exemplul dat mai sus privind creșterea energiei de debitare a acumulatoarelor clasice sub acțiunea ultrasunetului, poate fi urmat de acționări ultrasonice asupra procesului de electroliză, unde masa de nichel depusă crește de pînă la 10 ori, iar masa de cupru pînă la de 16 ori, în comparație cu metodele clasice. La fel introducerea de tehnologii noi (ca de exemplu debitarea cu precizie prin forfecare la rece), etc., etc. poate restabili, pentru o perioadă de 3—5 decenii, echilibrul între consumatori și energia necesară funcționării acestora 9—10 ani.

Conform exemplelor date, dacă ținem cont de efectul ultrasonic asupra generatoarelor chimice de energie electrică, al doilea termen din relația (7) se va putea scrie :

$$\frac{\sum_{=1}^{n_2} E_i}{\sum_{i=1}^{n_2} (N_i + \Delta N_i)}$$

iar, la limită, cînd sursele de energie cresc cu același număr ca și consumatorii

$$w_2''' = \lim_{\substack{\Delta E_i \to E_i \\ \Delta N_i \to N_i}} \frac{\sum_{i=1}^{n_2} (E_i + \Delta E_i)}{\sum_{i=1}^{n_2} (N_i + \Delta N_i)} = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} E_i}{\sum_{i=1}^{n_2} N_i} = w_2 \tag{15}$$

se ajunge astfel la densitatea de energie limită pe sector, necesară alimentării consumatorilor respectivi.

La fel, putem presupune că prin reprofilarea tehnologiilor pe principii moderne, cu consum de energie redus, densitatea de energie din sector va rămîne constantă, numărul consumatorilor eliberați prin teh-

Scanned with OKEN Scanner

nologia modernă n''_3, fiind cel puțin egal cu creșterea consumatorilor la momentul considerat.

$$w_3''' = \lim_{\substack{\Delta E_i \to E_i \\ \Delta N_i \to \Delta N_i}} \frac{\sum_{i=1}^{n_3} E_i}{\sum_{i=1}^{n_3} N_i + \sum_{i=1}^{n_3} \Delta N_i - \sum_{i=1}^{n_3''} \Delta N_i} \geqslant w_3 \qquad (16)$$

Creșterea capacității de debitare a acumulatoarelor activate cu ultrasunete, precum și a altor surse clasice de curent continuu, pe baza viitoarelor cercetări, vor duce cu siguranță la creșterea numărului de electrovehicule (electrocare și electrostivuitoare, electromobile etc.), ceea ce va avea ca efect reducerea consumatorilor pe bază de motoare cu combustie internă.

Generalizîndu-se aceste metode se poate ajunge ca densitatea totală de energie în condițiile creșterii consumatorilor,

$$w_t''' = w_1''' + w_2''' + w_3''' + \ldots + w_k''' \qquad (17)$$

să rămînă constantă, adică

$$w_t''' = w_t = \text{const} \qquad (18)$$

Aceasta va permite asigurarea necesităților energetice în condițiile unei civilizații corespunzătoare, un timp de cîteva decenii, timp necesar pentru dezvoltarea și răspîndirea largă a surselor energetice moderne.

BIBLIOGRAFIE

1. *I. Gavrilă*: Asupra îmbunătățirii caracteristicilor de debitare ale acumulatoarelor de tip Le2. Lucrări științifice Univ. Brașov (1975) 17, 43.
2. *I. Gavrilă*: Contribution to the study of galvanic cells with ultrasonics treated electrolyte. 15th. Int. Conf. on Acoustics-Ultrasound Praha (1976) 2.
3. *V. Mihu, I. Gavrilă*: Maintenance of activation effect of accumulators with electrolyte treated with ultrasonic. 15th Int. Conf. on Accoustics-Ultrasound Praha (1976) 1, 150.
4. *I. Gavrila*: The influence of ultrasound on the capacity of lead accumulators. Ultrasonics (1978), 16; 4, 156.
5. *K. Tamm*: Handbuch der Phisik. Akustik I, Band XI/I, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1961.
6. *A. Vas, H. Joni, T. Cheveresam, G. Zăvulan, V. Berinde*: Aplicațiile industriale ale plasme termice. Editura Facla, Timișoara, 1979.
7. *C. Iliescu, I. Tureac, L. Gaspar*: Genau-Scherschneiden von Stangen. Werkstat und Betrieb, 110 (1977) 10.
8. *C. Iliescu, I. Tureac, L. G spar, I. Martinescu*: Stangen wirkschaftlich trenen. Drachwelt 2 (1979).
9. *I. Gavrilă, C. Iliescu*: Zeitgemässe Technologien erhalten Gleichgeweicht der Klassischen Energieträger. Maschinenmarkt, Würzburg 86 (1980) 22, 398.
10. *I. Gavrilă, C. Iliescu*: Energetträger besser nützen. Europa Industrie Revue nr. 3, mai 1980, Würzburg.

Scanned with OKEN Scanner

ÎNDRUMĂRI METODICO-ȘTIINȚIFICE PRIVIND PREDAREA CUNOȘTINȚELOR DESPRE ACIZI, BAZE, SĂRURI

Conf. univ. dr. *MAKKAY FRANCISC* și lect. univ. *MURGU GEORGE*, Cluj-Napoca

1. Generalități

Însușirea cunoștințelor legate de acizi, baze și săruri prezintă o importanță deosebită, deoarece aceste substanțe sînt în corelare genetică între ele și — împreună cu oxizii — reprezintă cele mai importante combinații anorganice cu întrebuințări practice, atît pentru industrie și agricultură, cît și pentru altedomenii de activitate umană. Prin predarea acestor clase de substanțe, se creează posibilitatea de orientare a elevilor în varietatea multiplă a combinațiilor anorganice, punîndu-se bazele sistemului științific al chimiei. Totodată, noțiunile referitoare la acizi, baze și săruri fac posibilă pregătirea elevilor pentru însușirea cunoștințelor din domeniul chimiei descriptive.

Tratarea oxizilor în clasa a VII-a creează posibilitatea de reluare și adîncire a cunoștințelor legate de noțiunea de oxidare, care prezintă o importanță deosebită pe tot parcursul predării chimiei. Însușirea cunoștințelor despre oxizi constituie o etapă preliminară necesară în vederea studierii acizilor și bazelor, oxizii reprezentînd puntea de legătură între elementele chimice și acizi, baze, săruri. Din acest motiv este necesară împrospătarea cunoștințelor despre oxizi în clasa a IX-a, înaintea tratării acizilor, bazelor și a sărurilor.

Acizii și bazele, respectiv reacția dintre aceste substanțe, formează una dintre problemele fundamentale ale chimiei, care în sistemele științifice are o largă întindere, iar în practica industrială și de laborator o mare valoare.

Prin studierea interacțiunii dintre acizi și baze se introduce noțiunea de sare, formarea căreia se va completa și cu alte reacții de obținere. Indicarea unor aspecte privind importanța sărurilor, pregătește terenul pentru o tratare mai completă a acestora la locurile cuvenite.

Valoarea pentru didactică a cunoștințelor legate de acizi, baze și săruri constă în efectul formativ pe care-l are asupra elevilor: ajută la formarea unei concepții dialectice și materialiste despre lume, contribuie la înțelegerea unor aspecte chimice ale vieții de toate zilele și a unor probleme industriale și științifice cu care omul modern este pus în contact prin mijloacele de informare ale zilelor noaste. Aceste cunoștințe reprezintă un punct de plecare necesar unei eventuale pregătiri de specialitate în învățămîntul superior.

Sarcina didactică ce trebuie urmărită în cadrul studierii și însușirii cunoștințelor despre acizi, baze și săruri, se grupează în jurul următoarelor probleme principale:

1) Aplicarea cunoștințelor elevilor însușite la capitolele precedente, sau în anii precedenți, prin sistematizarea lor pe clase de substanțe de importanță majoră în chimie. Împrospătarea și aplicarea acestor cunoștințe trebuie să servească ca punct de plecare în procesul însușirii cunoștințelor noi.

Scanned with OKEN Scanner

2) Completarea, lărgirea şi aprofundarea cunoaştinţelor elevilor despre structura substanţelor. Aceasta se realizează făcîndu-se o corelare a evoluţiei cunoştinţelor de structură de la atomi la molecule şi apoi la clase de substanţe în aşa fel, încît elevii să fie capabili la o clasificare a substanţelor pe clase de compuşi în funcţie de structura acestora, de unde să deducă comportarea lor chimică în funcţie de componenţa atomică. În evoluţia acestei concepţii, trebuie să se realizeze o legătură organică în explicarea structurii pe clase a grupărilor de atomi, a deducerii proprietăţilor în funcţie de structură şi în strînsă legătură cu aceasta, întrebuinţările practice multiple a acestor clase de compuşi.

3) Aceste cunoştinţe reprezintă cel mai important domeniu de formare a gîndirii logice. Caracterul empiric al acestei categorii de cunoştinţe permite valorificarea în fiecare parte a tuturor momentelor de formare a noţiunilor. (Contemplare vie — abstractizare — generalizare — aplicare). Metoda deductivă caracteristică predării acestor cunoştinţe pretinde coordonarea noţiunilor, formarea unui şir logic, a unui sistem de noţiuni realizat prin generalizări la un nivel superior. Exersarea acestei operaţii logice este de importanţă hotărîtoare în dezvoltarea gîndirii elevilor la vîrsta de 12—14 ani.

4) Pentru dezvoltarea gîndirii logice a elevilor, precum şi pentru formarea unui sistem de cunoştinţe flexibile, o importanţă deosebită o reprezintă ideea relativităţii termenilor de acid şi bază, precum şi precizarea că „acid" şi „bază" nu înseamnă numai clase de substanţe, ci şi proprietăţi ale substanţelor determinate şi de împrejurări (de ex. mediul de reacţie).

5) Subliniind importanţa practic-aplicativă a acestor clase de substanţe, care constituie baza industriei chimice anorganice, se realizează legătura între teorie şi practică, evidenţiind elevilor posibilitatea de integrare a învăţămîntului cu producţia, care dezvoltă şi viziunea tehnico-practică a lor.

În actualele programe de chimie, cunoştinţele legate de acizi, baze şi săruri ocupă un loc important. Se studiază, împreună cu oxizii, chiar la nivel gimnazial în clasa a VII-a în 10 ore (din care 7 ore se asigură studierii acizilor, bazelor şi sărurilor), apoi se revine la un nivel superior la clasa a IX-a liceală în 5—7 ore în mod diferenţiat pe categorie de licee, completînd şi aplicînd cunoştinţele însuşite la clasa a VII-a, din care se omite discutarea oxizilor. Aceste cunoştinţe după programa nouă sînt completate şi lărgite în clasa a XI-a cu produsul ionic al apei, disocierea acizilor şi bazelor, constanta de disociere, pH-ul, indicatori, acidimetrie, alcalimetrie, constantă de hidroliză şi sisteme tampon.

2. Metode, procedee şi mijloace eficiente

Succesul muncii instructiv-educative care se ridică în faţa şcolii, pe lîngă pregătirea profesională a profesorului, este asigurat şi prin alegerea justă a metodei de învăţămînt, respectiv de procedee şi mijloace didactice. Din acest motiv în transmiterea şi însuşirea cunoştinţelor de către elevi, o importanţă deosebită trebuie acordată alegerii metodelor, procedeelor şi mijloacelor corespunzătoare asigurării succesului muncii instruc-

Scanned with OKEN Scanner

tiv-educative. Profesorul trebuie să-şi aleagă astfel de metode care să ajute pe elevi să transforme cunoştinţele dobîndite în instrumente operaţionale şi funcţionale. Metodele trebuie să servească unor scopuri de cunoaştere (însuşirea normelor de gîndire), a unor scopuri de instruire (dobîndire de cunoştinţe, priceperi şi deprinderi), şi a unor scopuri formative (de formare şi transformare continuă a unor trăsături de personalitate). Metodele ocupă o poziţie nodală în întreaga activitate didactică, pentru că de ele depinde în mare măsură atingerea rezultatelor dorite.

În munca de predare-însuşire a cunoştinţelor legate de acizi, baze, săruri pe baza teoriei protolitice a lui Brönsted, se pretează conversaţia euristică, problematizarea, rezolvarea de probleme, demonstraţia, experimentele de laborator, modelarea, învăţămîntul programat şi folosirea mijloacelor audio-vizuale, cu ajutorul căror se poate asigura activizarea la maxim a muncii elevilor şi participarea lor conştientă în procesul instructiv-educativ. Astfel toate acestea au la bază cele trei principii ale învăţămîntului modern : euristica, activismul şi creativitatea.

Folosirea combinată a metodelor amintite în funcţie de specificul lecţiei şi aplicarea mijloacelor potrivite duce la obţinerea unor rezultate pozitive în procesul însuşirii temeinice a cunoştinţelor de către elevi. Durabilitatea cuniştinţelor va depinde de participarea activă şi conştientă a elevilor la prcesul prelucrării cunoştinţelor şi de numărul exerciţiilor aplicate în acest proces.

3. Metodologia predării-învăţării cunoştinţelor despre acizi, baze şi săruri

În procesul de predare-învăţare a cunoştinţelor referitoare la acizi, baze şi săruri este foarte importantă evidenţierea interdependenţei care există între elementele chimice, oxizi şi acizi, respectiv baze. Pornind de la acest considerent, este necesar ca prima lecţie să înceapă cu reîmprospătarea prin recapitularea cunoştinţelor despre oxizi, dobîndite în clasa a VII-a. În recapitulare se va porni de la obţinerea oxizilor prin combinarea elementelor cu oxigenul (oxidare), clasificarea oxizilor şi transformarea lor în acizi şi baze, respectiv obţinerea acizilor şi bazelor direct din elementele componente.

Pentru lărgirea şi dezvoltarea noţiunilor despre acizi şi baze în lumina teoriei protolitice, este necesară repetarea cunoştinţelor elevilor despre aceste substanţe însuşite în clasa a VII-a în lumina teoriei vechi. Astfel, este necesar să se recapitulèze, sub forma unor informaţii concise, proprietăţile generale ale soluţiilor de acid şi bază referitoare la reacţia de neutralizare, comportarea lor faţă de indicatori, reacţia acizilor şi bazelor cu oxizii şi sărurile.

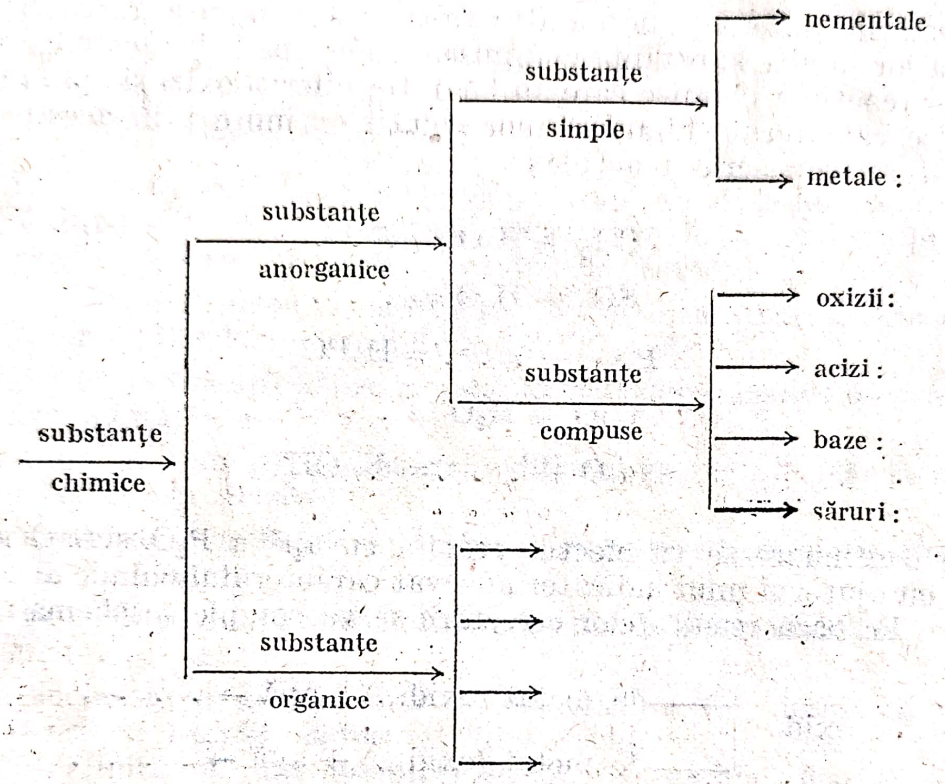
În continuare se vor prezenta unele sugestii referitoare la predarea, însuşirea noţiunilor legate de acizi, baze şi săruri.

3.1. Clasificarea substanţelor şi obţinerea substanţelor compuse

În vederea împrospătării cunoştinţelor despre oxizi, acizi şi baze, dobîndite de elevi în clasa a VII-a. profesorul proiectează cu ajutorul

Scanned with OKEN Scanner

retroproiectorului sau scrie pe tablă schema de mai jos şi cere elevilor să completeze în schemă, la locul potrivit, următoarele substanţe: Na, NaOH, Ca, zahăr, Al, HCl, amidon, Fe, H_2SO_4, S, metan, P_2O_5, CO_2 petrol, Cl_2, HNO_3, O_2, CaO, $Ca(OH)_2$, H_2, KOH, NaCl, $CuSO_4$, Zn, CuO etc.



Pentru evidenţierea relaţiei dintre substanţe simple şi compuse, profesorul cere elevilor să indice prin completarea ecuaţiilor reacţiilor chimice de mai jos, obţinerea din substanţe simple a oxizilor, acizilor, bazelor şi sărurilor :

Oxizi : $S + O_2 = ...$ Acizi şi baze : $. . . + Cl_2 = HCl$

$C + . . . = CO_2$ $H_2 + S = . . .$

$Ca + . . . = CaO$ $. . . + N_2 = NH_3$

$Na + O_2 = . . .$ săruri : $Na + Cl_2 = . . .$

$Fe + . . . = FaS$

După completarea ecuaţiilor reacţiilor chimice, profesorul cere elevilor să răspundă la următoarele întrebări :

a) Prin ce reacţii s-au obţinut oxizii? (Întrebarea are ca scop reîmprospătarea noţiunii de oxidare).

b) Care este diferenţa din punct de vedere a compoziţiei lor între oxizi? (Exemplificări)

c) Cum se pot clasifica oxizii în funcţie de compoziţie (Oxizi de nemental şi oxizi de metal.)

3.2. Transformarea oxizilor în acizi şi baze

Urmărind interacţiunea dintre substasele compuse, respectiv transformarea lor în alte substanţe compuse, profesorul indică elevilor scrierea ecuaţiilor reacţiilor chimice care au loc între diferiţi oxizi şi apă, respectiv să verifice caracterul chimic a unor soluţii obţinute prin aceste reacţii. Mai întîi se vor scrie reacţiile :

$$CO_2 + H_2O = \ldots$$
$$SO_3 + H_2O = \ldots$$
$$P_2O_5 + \ldots = H_3PO_4$$
$$CaO + H_2O = \ldots$$
$$Na_2O + \ldots = NaOH$$

În continuare se va efectua reacţia cu apă a P_2O_5 şi CaO şi se va verifica cu ajutorul unui indicator adecvat caracterului chimic al soluţiilor obţinute. Pe baza rezultatelor cercetării se va completa schema :

oxid — de metal (oxid...) + apă → . . . .
oxid — de metal (oxid...) + apă → . . . .

Astfel se ajunge la modalitatea de obţinere a acizilor şi bazelor prin intermediul oxizilor. Prin conversaţie cu elevi, profesorul evidenţiază că în modul arătat mai sus se obţin acizii şi bazele care conţin în molecula lor totdeauna şi oxigen.

Bazîndu-se pe reacţiile scrise mai înainte, care au dus la formarea HCl, H_2S şi NH_3, profesorul precizează că există acizi şi baze care nu conţin în molecula lor atomi de oxigen. Aceste pot fi obţinute, printre altele, direct din elemente componente.

3.3. Generalităţi despre acizi şi baze

Cu scopul împrospătării şi aprofundării cunoştinţelor legate de proprietăţile acizilor şi bazelor, elevii vor verifica cu ajutorul indicatorului — turnesol — (soluţie sau hîrtie) caracterul chimic al HCl, H_2SO_4, HNO_3, precum şi al NaOH, $Ca(OH)_2$ şi NH_3. Din cele constatate se concluzionează că indiferent de prezenţa, sau absenţa oxigenului în molecula de acid şi bază, acidul înroşeşte, iar baza înalăbăstreşte turnesolul. Bazat pe cunoştinţele anterioare ale elevilor, se evidenţiază că acizii au gust acru, reacţionează cu baze, metale, oxizi bazici şi săruri, iar bazele au gost leşietic, produc în soluţie o senzaţie grasă la pipăit, reacţionează

cu acizi, oxizi acizii şi sărurile. Aceste proprietăţi vor fi concretizate prin scrierea următoarelor ecuaţii ale reacţiilor chimice:

a) $HCl + NaOH = \ldots + \ldots$
b) $H_2SO_4 + Zn = \ldots + \ldots$
c) $HCl + CuO = \ldots + \ldots$
d) $H_2SO_4 + CaCO_3 = \ldots + \ldots + \ldots$
e) $Ca(OH)_2 + HCl = \ldots + \ldots$
f) $Ca(OH)_2 + CO_2 = \ldots + \ldots$
g) $NaOH + CuSO_4 = \ldots + \ldots$

Elevii efectuează reacţiile şi completează ecuaţiile reacţiilor care au avut loc, după care, în vederea asigurării conexiunii inverse, profesorul proiectează sau scrie pe tablă rezolvările corecte.

După această parte a materiei se va realiza fixarea cunoştinţelor prin adresarea elevilor a următoarelor întrebări:

1) Ce fel de modificări se produc în molecula acizilor în urma reacţiilor de la punctele a—d

2) Cum se numeşte partea nemodificată în reacţiile de la punctele a—d din molecula acizilor?

3) Ce fel de modificări se produc în molecula bazelor în urma reacţiilor de la punctele e—g?

4) Ce rămîne neschimbat din molecula bazelor în urma reacţiilor de la punctele e—g?

Ca încheiere a acestei prţi de materie, se vor defini cu ajutorul elevilor acizii şi bazele conform teoriei vechi, scoţîndu-se în evidenţă că aceste definiţii nu sînt complete şi rugiros valabile, deoarece în continuare se vor studia acizii şi bazele în lumina unei teorii mai riguroasă şi mai general valabile.

3.4. Structura acizilor şi bazelor; definirea lor

Motivarea comportării chimice a substanţelor ca acid sau ca bază, nu poate fi făcută fără o analiză temeinică a structurii lor, deoarece aceasta determină caracterul acid sau bazic al unei substanţe. De aceea primul pas în studierea acizilor şi bazelor într-o concepţie modernă impune lămurirea problemelor de structură.

Pentru că funcţia de acid — în lumina teoriei protolitice — o au acele specii chimice care pot ceda protoni, transformndu-se în bază, iar funcţie de bază posedă acele specii chimice care pot accepta protoni, transformîndu-se în acid şi transferul de protoni este esenţa reacţiei acid-bază conform reacţiilor de mai jos:

$$\text{acid}_1 \rightleftharpoons \text{bază}_1 + H^+$$
$$\text{bază}_2 + H^+ \rightleftharpoons \text{acid}_2$$
$$\overline{\text{acid}_1 + \text{bază}_2 \rightleftharpoons \text{bază}_1 + \text{acid}_2}$$

Scanned with OKEN Scanner

elevii trebuie să înțeleagă de la început de ce și cînd este posibil transferul de protoni, adică o substanță cînd poate ceda, respectiv cînd poate accepta protoni.

Avînd în vedere cele arătate mai înainte, se recomandă analiza structurii unor acizi și baze cunoscute deja de elevi.

Bazat pe cunoștințele elevilor despre legăturile chimice, se formulează întrebări, prin conversație, referitoare la legătura chimică din molecula de hidracizi și oxoacizi, lămurindu-se pe această bază structura lor.

Folosind modele structurale, se va evidenția existența în acizi a atomului de hidrogen legat covalent polar (ionizabil). În acest scop se va cere elevilor să răspundă la întrebările:

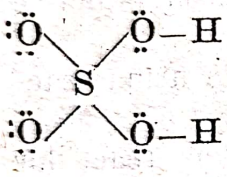
Cum este legat hidrogenul în următorii hidracizi?

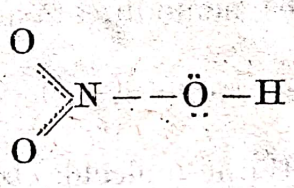
HCl .....

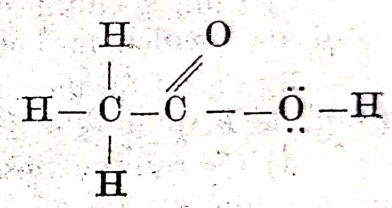
HBr .....

H_2S .....

Care este felul legăturilor în oxoacizi cu următoarele structuri moleculare?







Se recapitulează observațiile sub forma următoarelor concluzii: Acizii sînt compuși moleculari care conțin în molecula lor cel puțin un atom de hidrogen legat covalent polar de un nemetal cu electronegativitate mare (oxigen, halogeni, sulf). Acest atom de hidrogen, din cauza caracterului polar al legăturii, poate fi cedat sub formă de proton unei substanțe capabile de a accepta protonul.

Deci în lumina teoriei protolitice a lui Brönsted, *substanțele* (care pot fi molecule sau ioni) *capabile de a ceda unul sau mai mulți protoni, se numesc acizi.*

Exemple: $H-Cl \dashrightarrow H^+ + Cl^-$; $H_2SO_4 \dashrightarrow 2H^+ + 2SO_4^{2-}$

Pentru lămurirea structurii bazelor, se cere elevilor să reprezinte formula structurală a următoarelor baze, conform schemei:

$NaOH \dashrightarrow Na^+ :\ddot{O}-H$

$KOH \dashrightarrow$ .....

$Ca(OH)_2 \dashrightarrow$ .....

Se va formula concluzia: Hidroxizii metalelor sînt compuși ionici, formați din cationi metalici și anionul de hidroxid ($H\ddot{O}:^-$), iar aceasta din urmă, posedă perechi de electroni neparticipanți.

Cu scopul de a asigura posibilitatea definirii bazelor în lumina teoriei protolitice, se va cerceta prin analogie, structura moleculei de amoniac,

evidențiindu-se existența și în acest caz a perechii de electroni neparticipanți (:NH_3).

Se trage concluzia că, ionul de hidroxid și amoniacul au o trăsătură caracteristică comună : ambii posedă electroni neparticipanți (molecula de amoniac o pereche, iar ionul de hidroxid trei perechi).

În continuare, se va sublinia faptul că protonul cedat de un acid este deficitar în electroni, deci el poate fi legat de o specie chimică (ionică sau neutră) care posedă cel puțin o pereche de electroni neparticioanți (de ex. : $H-\ddot{O}:^-$, :NH_3)

Se va concluziona că : *Substanțele (molecule sau ioni) capabile de a accepta unul sau mai mulți protoni la perechea de electroni neparticipanți, se numesc baze.*

Exemple : $H-\ddot{O}:^- + H^+ \longrightarrow H_2O$; $:NH_3 + H^+ \longrightarrow NH_4^+$

Sub formă de exerciții se va cere elevilor completarea reacțiilor incomplete după modelul dat :

$$HCl + H-\ddot{O}:^- \longrightarrow H-\ddot{O}-H + Cl^-$$

$$\left.\begin{matrix} H-O \\ H-O \end{matrix}\right\rangle SO_2 + 2H-\ddot{O}:^- \longrightarrow \ldots + \ldots$$

$$H-O-NO_2 + H-\ddot{O}:^- \longrightarrow \ldots + \ldots$$

$$H-Cl + :NH_3 \longrightarrow \ldots + \ldots$$

$$H_2SO_4 + :NH_3 \longrightarrow \ldots + \ldots$$

3.5. Ionizarea acizilor și bazelor. Ionul de oxoniu

În vederea evidențierii fenomenului de ionizare, se va cerceta comportarea în cîmpul electric a substanțelor analizate structural. Aceasta permite introducerea noțiunii de ionizare cu ajutorul unor experiențe. În acest scop se va urmări conductibilitatea electrică a topiturii de hidroxid de sodiu (care se face demonstrativ de către profesor) și a soluțiilor de hidroxid de sodiu, acid acetic pur, acid clorhidric și a apei distilate (experiențele se vor efectua frontal pe grupe de elevi cu ajutorul unei instalații adecvate).

Elevilor li se cere să facă legătură între structura substanțelor și comportarea lor în cîmpul electric, apoi să răspundă la întrebarea : De ce hidroxidul de sodiu atît în topitură, cît și în soluție conduce curentul electric, iar acidul azotic pur, respectiv apa distilată nu conduc curentul electric ?

Se va formula concluzia cu ajutorul elevilor că, compușii ionici conduc curentul electric datorită prezenței ionilor atît în topitură, cît și în soluție, iar compușii moleculari nu conduc curentul electric în stare pură, deoarece nu conțin ioni.

Se crează o situaţi problematizată prin efectuarea următoarei experienţe : Se urmăreşte variaţia luminozităţii becului electric din circuitul, folosit şi anterior la determinarea conductibilităţii electrice, în timp ce se adaugă în porţiuni mici apă în vasul care conţine acid acetic pur (unde deşi sînt prezente două substanţe rele conducătoare de electricitate, totuşi are loc conducerea curentului). Experienţa se repetă şi cu soluţie de acid clorhidric. Se constată că soluţiile de acizi conduc curentul electric. Se cere ca elevii să explice apariţia ionilor în soluţiile acizilor.

Se formulează concluzia : Apariţia ionilor în soluţii de acizi este rezultatul unei reacţii între acid şi apă, care duce la ruperi asimetrice de covalenţe polare în molecula acidului. Prin aceasta, în prima etapă se eliberează hidrogenul ionizabil din molecula de acid sub formă de proton, care imediat se ataşează unei molecule de apă prin intermediul unei perechi de electroni neparticipanţi (existenţi în molecula apei), formînd astfel ionul de oxiniu (H_3O^+), care în soluţie apoasă apare hidratat, sub forma ionului de hidroniu ($H_9O_4^+$). Se va accentua că, protonul nu poate exista liber, numai în anumite condiţii extreme, pentru că se ataşează la orice pereche de electroni neparticipanţi ai atomilor, moleculelor sau ionilor care posedă asemenea electroni, deci nici în mediu apos protonul nu se găseşte liber.

Utilizînd cunoştinţele elevilor despre structura acizilor, li se cere să rezolve următoarele reacţi :

$$H^{+\delta}-Cl^{-\delta} + H-\ddot{O}-H \longrightarrow H_3O^+ + \dots$$

$$H^{+\delta}-O^{-\delta}NO_2 + H-\ddot{O}-H \longrightarrow \dots + \dots$$

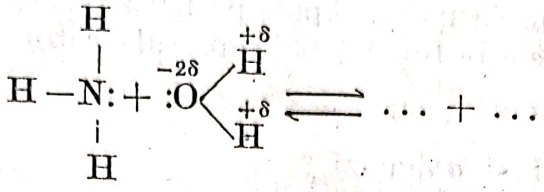
$$\left.\begin{matrix} H^{+\delta}-O^{-\delta} \\ H^{+\delta}-O^{-\delta} \end{matrix}\right\rangle SO_2 + H-\ddot{O}-H \longrightarrow \dots + \dots$$

Se trage concluzia că în fiecare caz molecula de apă a acceptat protonul şi s-a format ionul de oxoniu, deci are loc o transformare chimică a compuşilor moleculari în ioni, care poartă numele de *reacţie de ionizare*.

În aceste procese chimice apa a acceptat protonul, deci ea se comportă ca o bază. Caracterul acid al soluţiilor apoase de acizi este dat de prezenţa ionului H_3O^+ hidratat.

În vederea lămuririi ionizării bazelor moleculare, se efectuează următoarea experienţă : Se urmăreşte conductibilitatea electrică a soluţiei apoase de amoniac, folosind instalaţia întrebuinţată la determinarea conductibilităţii acizilor şi a bazelor ionici. Elevii vor constata că soluţia conduce curentul electric, deci ea trebuie să conţină ioni. Pentru determinarea felului ionilor prezenţi în soluţia apoasă de amoniac, se compară proprietăţile soluţiei cu cea a soluţiei de NaOH (aspectul la pipăit, comportarea faţă de fenolftaleină). Se concluzionează că, cele două soluţii avînd proprietăţi comune, trebuie să conţină un ion comun, care este ionul HO^-. Alături de ionul de hidroxid, soluţia de amoniac trebuie să conţină încă o specie de ion, care — în mod analog cu hidroxizii metalelor — are sarcină pozitivă. În vederea clarificării situaţiei, se va cere ca elevii

să scrie independent ecuaţia reacţiei de mai jos, folosind cunoştinţele acumulate mai înainte :



Această reacţie evidenţiată procesul de ionizare a bazelor moleculare.

Astfel se mai adaugă o informare în plus la cunoştinţele legate de „baze", şi anume că, există compuşi moleculari ($:NH_3$ şi altele) care conţin în soluţiile lor apoase ionul de HO^- la fel ca şi hidroxizii metalelor, alături de care soluţia de amoniac conţine ionul cu sarcină pozitivă, denumit ionul amoniu (NH_4^+).

În procesul chimic de mai sus apa cedează un proton, deci se comportă ca un acid, iar amoniacul acceptă protonul, deci este o bază.

În reacţiile acizilor cu apa, s-a văzut că apa acceptă protoni, deci reacţionează ca o bază. Comparînd cele două procese, reacţiile apei cu acizii şi bazele, se constată că apa reacţionează cînd ca un acid, cînd ca o bază, în funcţie de condiţii. Astfel de substanţe poartă numele de amfoliţi (substanţe amfotere).

În vederea fixării cunoştinţelor elevilor se dau spre rezolvare următoarele exerciţii :

1) Subliniaţi în ecuaţiile reacţiilor chimice de mai jos, care este acidul şi care este baza :

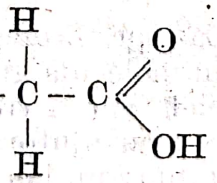
$$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$$

$$:NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + HO^-$$

$$H_2SO_4 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HSO_4^-$$

2) Ce fel de specii chimice se găsesc în soluţia apoasă de HCl, respectiv în soluţia de NH_3?

3) Cum se numeşte procesul chimic care are loc în cazul reacţiei acizilor şi bazelor moleculare cu apa? Care sînt şi cum se numesc ionii formaţi?

4) De ce în molecula  se desface o singură legătură în timpul ionizării?

Întrebările se rezolvă printr-o conversaţie purtată de profesor cu clasa.

3.7. Clasificarea acizilor şi bazelor

Cu ocazia discutării modalităţilor de obţinere a acizilor şi bazelor, s-a făcut de fapt şi o clasificare a lor în funcţie de prezenţa sau absenţa oxigenului în molecula acidului, respectiv în funcţie de prezenţa sau

Scanned with OKEN Scanner

absența grupării hidroxilice (HO) în molecula bazei. Bazat pe aceste cunoștințe, se va face o clasificare a acizilor în hidracizi și oxoacizi, iar a bazelor în hidroxizi și baze moleculare. Apoi, pe baza reacției de ionizare se vor clasifica acizii și bazele în funcție de numărul protonilor cedați, respectiv acceptați.

3.7.1. Hidracizi și oxoacizi

În scopul clasificării acizilor, profesorul cere elevilor să indice exemple de acizi fără conținut de oxigen și acizi care conțin în molecula lor atomi de oxigen, ale căror formule se vor trece pe tablă. Cînd elevii au indicat un număr suficient de exemple, profesorul anunță că acizii care nu conțin în molecula lor oxigen se numesc *hidracizi*, iar cei care conțin atomi de oxigen în moleculă, poartă numele de *oxoacizi*. Apoi se cere elevilor să treacă în tabelul de mai jos, la locul potrivit, formula acizilor date ca exemple.

Hidracizi		Oxoacizi	
Formula	Denumirea	Formula	Denumirea

Pe baza formulei chimice, profesorul enunță regula prin care se face denumirea acizilor (în conformitate cu noua nomenclatură). După ce s-a stabilit denumirea cîte unui exemplu concret de fiecare categorie de acid de către profesor în colaborare cu elevii, se cere elevilor să completeze prin analogie denumirea acizilor trecuți în tabel.

Pentru reîmprospătarea cunoștințelor elevilor privitor la obținerea acizilor, elevii vor fi solicitați să scrie cîteva exemple de obținere a hidracizilor și oxoacizilor.

3.7.2. Hidroxizi și baze moleculare

În vederea clasificării bazelor, profesorul va cere elevilor să indice exemple de baze care conțin în moleculă gruparea hidroxil și baze care nu conțin această grupă. Exemplele vor fi trecute pe tablă. Pe baza exemplelor date, profesorul va face, cu ajutorul elevilor, clasificarea bazelor în hidroxizi, care sînt formați dintr-un ion de metal și unul sau mai mulți ioni de hidroxid (făcîndu-se excepție NH_4OH), și baze moleculare (de ex.: NH_3). Exemplele prezentate vor fi trecute individual de către elevi în tabelul următor:

Hidroxizi		Baze moleculare	
Formula	Denumirea	Formula	Denumirea

Scanned with OKEN Scanner

Denumirea bazelor se va face în mod analog ca și în cazul acizilor.

În continuare se va face împărțirea hidroxizilor, în funcție de solubilitatea lor în apă, în hidroxizi solubili și hidroxizi insolubili. În acest scop, elevii vor executa următoarele experiențe :

a) Se va solvi NaOH și KOH în apă, constatînd că aceștia sînt hidroxizi solubili.

b) Se vor efectua reacțiile dintre $CuSO_4$ și NaOH, respectiv $FeCl_3$ și NaOH (sau KOH), apoi se vor completa ecuațiile reacțiilor :

$$CuSO_4 + NaOH = Cu(OH)_2 + \ldots$$

$$FeCl_3 + NaOH = Fa(OH)_3 + \ldots$$

Se va urmări solubilitatea hidroxizilor obținuți în apă. Pebaza rezultatelor se va completa schema :

Hidroxizi — —solubili : .....
— insolubil: .....

În legătură cu bazele moleculare, se va arăta elevilor că, în afară de amoniac ($:NH_3$), mai există și alte baze moleculare, ca de ex. metil- și etilaminele [$CH_3—NH_2$, $(CH_3)_2NH$, $(CH_3)_3N$, $C_2H_5NH_2$, $(C_2H_5)_2NH$, $(C_2H_5)_3N$], cu care elevii clasei a IX-a vor face cunoștință la studierea chimiei organice, iar elevii clasei a XI-a au făcut cunoștință.

Pentru împrospătarea cunoștințelor elevilor, privitoare la obținerea bazelor, se vor scrie ecuațiile reacțiilor de obținere a lor pe diferite căi.

3.7.3. Acizi mono- și polibazici, baze mono- și poliacide

În vederea clasificării acizilor și a bazelor, în funcție de numărul protonilor ce pot fi cedați de un acid, respectiv numărul protonilor ce pot fi acceptați de o bază, se va apela la cunoștințele elevilor, cerîndu-le să scrie pe tablă formule ale acizilor care conțin în molecula lor unu, doi sau mai mulți atomi de hidrogen. Astfel, profesorul va cere elevilor să scrie pe tablă formulele acizilor : HCl, H_2SO_4, H_3PO_4, $CH_3—COOH$ și H_4SiO_4.

Apelînd la cunoștințele elevilor însușite la discutarea procesului de ionizarea a acizilor în soluție apoasă, se va cere elevilor să completeze următoarele reacții :

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons \ldots + \ldots$$

$$H_2SO_4 + H_2O \rightleftharpoons \ldots + \ldots$$

$$H_3PO_4 + H_2O \rightleftharpoons \ldots + \ldots$$

$$CH_3—COOH + H_2O \rightleftharpoons \ldots + \ldots$$

Scanned with OKEN Scanner

Pe baza reacţiilor de ionizare a acizilor se va formula concluzia că, unii acizi pot ceda un singur proton, alţii doi protoni ş.a.m.d. Folosindu-se de această constatare, se va face o clasificare a azizilor şi pe baza numărului de protoni care pot fi cedaţi de un acid, în acizi mono-, di-, tri- şi tetrabazici, respectiv conform teorieiprotolitice, în acizi mono-, di-, tri- şi tetraprotici.

În continuare se va accentua că în cazul acizilor polibazici (poliprotici) protonii nu sînt cedaţi deodată, ci ionizarea are loc în trepte. De ex. H_3PO_4 ionizează în trei trepte :

$$H_3PO_4 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + H_2PO_4^- \; ; \; H_2PO_4^- \rightleftharpoons H_3O^+ + HPO_4^{2-},$$

$$HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + PO_4^{3-}.$$

Pentru exersarea cunoştinţelor, se va cere elevilor completarea următorului tabel :

Acid monoprotic	Nr. H^+ cedaţi	Acizi poliprotic ;					
		Acid diprotic	Nr. H^+ cedaţi	Acid triprotic	Nr. H^+ cedaţi	Acid tetraprotic	Nr. H^+ cedaţi

Pentru a evidenţia că nu toţi atomii de hidrogen din molecula acizilor sînt ionizabili, se va analiza acidul acetic, care deşi conţine 4 atomi de hidrogen, numai unul este ionizabil. De asemenea, se va discuta H_3PO_3 (acid fosforic, sau după vechea nomenclatură acid fosforos), subliniindu-se că cu toate că conţine 3 atomi de hidrogen, este un acid diprotic, deoarece numai 2 atomi de hidrogen sînt ionizabili. Din acest motiv formula corectă a acidului fosforic este H_2PHO_3, iar procesul de ionizare este următorul :

$$H_2PHO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2H_3O^+ + PHO_3^{2-}$$

Noţiunea de baze mono- şi poliacide, respectiv baze mono- şi poliprotice, se introduce în felul următor : Se cere elevilor să scrie exemple de baze cunoscute, care să conţină una, două, trei şi patru grupări hidroxilice, la care se va adăuga şi formula amoniacului ($:NH_3$), eventual a unor amine [de ex. $CH_3—NH_2$, $(CH_3)_2NH$, $(CH_3)_3N$]. Apoi, se va cere elevilor să completeze ecuaţiile reacţiilor de mai jos, în care are loc acceptare de protoni :

$$Na^+ HO^- + H^+ \rightleftharpoons \ldots + \ldots$$

$$:NH_3 + H^+ \rightleftharpoons \ldots$$

$$Ca(OH)_2 + H^+ \rightleftharpoons \ldots + \ldots$$

$$Al(OH)_3 + H^+ \rightleftharpoons \ldots + \ldots$$

$$Si(OH)_4 + H^+ \rightleftharpoons \ldots + \ldots$$

Scanned with OKEN Scanner

Pe baza numărului de protoni acceptaţi, se va formula concluzia că unele baze acceptă un singur proton, altele pot accepta mai mulţi protoni. În urma acestei constatări, se va face o clasificare a bazelor în baze mono- şi poliacide, respectiv în baze mono- şi poliprotice.

Pentru exersarea cunoştinţelor se cere elevilor completarea următorului tabel:

Bază monoprotică	Nr. H^+ acceptaţi	Baze poliprotice					
		Bază diprotică	Nr. H^+ acceptaţi	Bază triprotică	Nr. H^+ acceptaţi	Bază tetraprotică	Nr. H^+ acceptaţi

În vederea fixării cunoştinţelor elevilor se va cere să se completeze următoarele scheme:

a) În funcţie de compoziţia lor chimică, acizii se clasifică în: 1)..... ..... (exemple: .....) şi 2) ..... (exemple: .....).

b) Bazele în funcţie de prezenţa în moleculă a grupei hidroxilice se clasifică în: 1) ..... care ..... în moleculă grupa hidroxil (exemple: .....) şi 2) baze moleculare care ..... în moleculă grupa hidroxil (exemple: .....).

c) Din punctul de vedere al solubilităţii, hidroxizii se clasifică în: 1) hidroxizi ..... (exemple: .....) şi 2) hidroxizi ..... (exemple: .....).

d) După numărul protonilor ce pot fi cedaţi de un acid, aceştia se clasifică în:

acizi — → ..... sau ..... (exemple: .....)
acizi — → ..... sau ..... (exemple: .....)

e) După numărul protonilor acceptaţi, bazele se clasifică în:

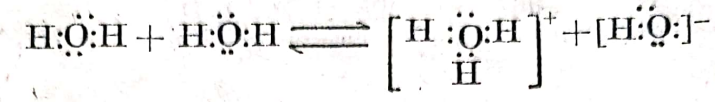
baze — ..... sau ..... (exemple: .....)
baze — ..... sau ..... (exemple: .....)

3.8. Ionizarea apei

La discutarea procesului de ionizare a acizilor şi a bazelor în mediu apos, s-a arătat că apa poate accepta proton ($H_2O + HCl \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$), dar poate să şi cedeze proton ($H_2O + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + HO^-$), astfel ea poate avea atît funcţie de acid, cît şi funcţie de bază. Care dintre aceste proprietăţi va fi proeminentă, va depinde de partenerul de reacţie. Cînd partenerul de reacţie cedează uşor protonul, apa se comportă ca bază, iar cînd partenerul are capacitate mare de a primi proton, apa apare ca un acid. Deci apa este un amfolit.

Scanned with OKEN Scanner

Apa însă nu numai în contact cu acizii sau bazele se comportă ca amfolit. Transferul de proton are loc și între două molecule de apă, dar în proporție foarte redusă :



Acest proces se numește ionizarea apei și are loc în două etape, adică în apa pură și în soluții apoase au loc următoarele echilibre :

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + HO^- \qquad (1) \text{ cedare de proton}$$

$$H_2O^+ + H \rightleftharpoons H_3O^+ \qquad (2) \text{ acceptare de proton}$$

Prin totalizarea reacțiilor rezultă :

$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HO^- \quad (3)$$

Deoarece reacția (2) este practic complet deplasată spre dreapta, adică protonul se leagă imediat de o moleculă de apă, procesul de ionizare a apei poate fi discutat în baza reacției (1) și nu în baza reacției (3). Astfel se va lua în considerare numai disocierea apei.

3.8.1. Produsul ioni al apei

Cînd elevii nu au încă cunoștințe despre echilibrul chimic, respectiv legea acțiunii maselor, este suficient să arătăm că conform reacției (1), în apă pură ionii de H^+ și HO^- se formează în cantități egale, deci concentrația lor (care se notează cu paranteză dreaptă), va fi egală :

$$[H^+] = [OH^-]$$

Din măsurători făcute la 25°C rezultă că în apa pură concentrația ionilor de H^+ și HO^- este egală cu 10^{-7} moli/l. Produsul concentrației ionilor apei este constant la o temperatură dată, deci la 25°C :

$$[H^+]\,[HO^-] = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14} \text{ moli/l} = K_{H_2O} \text{ sau } K_W$$

Acest produs se numește produs ionic al apei și se notează cu K_{H_2O} sau K_W.

Caracterul chimic al unei soluții este determinat de raportul dintre concentrația acestor ioni. În cazul cînd :

$$[H^+] = [HO^-] = 10^{-7} \text{ moli/l}$$

soluția este neutră.

Dacă $[H^+] > [HO^-]$, deci $[H^+] > 10^{-7}$ moli/l, soluția este acidă. Atunci cînd $[H^+] < [HO^-]$, adică $[H^+] < 10^{-7}$ moli/l soluția este bazică.

Deoarece produsul ionic al apei este constant, deci $[H^+] \cdot [HO^-] = 10^{-14}$, prin micşorarea concentraţiei unui ion, creşte concentraţia celuilalt ion. Astfel de exemplu, dacă $[HO^-] = 10^{-9}$ moli/l, $[H^+] = \frac{10^{-14}}{10^{-9}} = = 10^{-5}$, deci soluţia este acidă.

Pentru demonstrarea variaţiei concentraţiei unuia dintre cei doi ioni în raport cu modificarea concentraţiei celuilalt ion se va folosi tabelul 4.1. din manualul clasei a IX-a.

În cazul cînd elevii au învăţat echilibrul chimic, produsul ionic al apei se introduce bazat pe legea acţiunii maselor, deoarece reacţia de echilibru (1) este guvernată de această lege. Astfel, se poate scrie :

$$K_d = \frac{[H^+][HO^-]}{[H_2O]}$$

K_d fiind *constanta de disociere* a apei, care din măsurători ale conductibilităţii apei pure la 25°C s-a găsit că are valoarea egală cu $1{,}8 \cdot 10^{-16}$, deoarece gradul de disociere a apei, $\alpha = 1{,}8 \cdot 10^{-9}$.

Folosindu-ne de legea de diluţie a lui Ostwald :

$$K_d = \frac{\alpha^2 \cdot c}{1 - \alpha}$$

în care înlocuind valoarea lui α rezultă :

$$K_d = \frac{(1{,}8 \cdot 10^{-9})^2 \cdot c}{1}$$

(deoarece valoarea $1{,}8 \cdot 10^{-9}$ este foarte mică faţă de 1, deci este neglijabilă).

Avînd în vedere că concentraţia apei este de 55,5, adică într-un litru de apă se găsesc 55,5 moli de apă, înlocuind această valoare se obţine :

$$K_d = \frac{(1{,}8 \cdot 10^{-9}) \cdot 55{,}5}{1} = 1{,}8 \cdot 10^{-16}$$

Deoarece disocierea apei este extrem de mică, concentraţia apei se poate considera practic constantă, deci egală cu 55,5 şi astfel poate fi înglobată în constanta de disociere. Astfel :

$$K_d \cdot 55{,}5 = [H^+][HO^- = 10^{-14} = K_{H_2O} \text{ sau } K_W$$

Se va sublinia că produsul ionic al apei, K_{H_2O} nu este egal cu constanta de disociere, K_d, ci este de 55,5 ori mai mare decît aceasta la 25°C.

3.8.2. Noţiunea de *p*H

Pentru uşurarea calculelor, la propunerea lui Sörensen, în loc de concentraţia ionilor se foloseşte logaritmul cu semn schimbat. Logaritmînd expresia de mai sus şi schimbînd semnul în ambii membrii se obţine :

$$-\lg [H^+] - \lg[HO^-] = -\lg K_{H_2O}$$

Scanned with OKEN Scanner

Notînd prin p logaritmul cu semn schimbat ai mărimilor K_{H_2O}, $[H^+]$, respectiv $[HO^-]$, adică $pH = -\lg [H^+]$, $pOH = \lg [HO^-]$ şi $-\lg K_{H_2O} = -\lg 10^{-14} = p_{H_2O} = 14$ şi înlocuind aceste relaţii în expresia produsului ionic al apei, vom obţine :

$$pH + pOH = pK_{H_2O} = 14$$

în care pH se numeşte exponent al concentraţiei ionilor de hidrogen, iar pOH exponent al concentraţiei ionilor de hidroxid.

Pe baza acestei relaţii, cunoscînd pH-ul unei soluţii, poate fi calculat pOH-ul, respectiv concentraţia ionilor de hidroxil şi invers.

Cu ajutorul pH-ului poate fi exprimat caracterul chimic alsoluţiei. Astfel :

cînd $[H^+] = [HO^-]$, atunci $pH = 7$, soluţia este neutră,
cînd $[H^+] > [HO^-]$, atunci $pH < 7$, soluţia este acidă, iar
cînd $[H^+] < [HO^-]$, atunci $pH > 7$, soluţia este bazică.

Relaţia care există între concentraţia ionilor de hidrogen şi de hidroxid respectiv între pH şi pOH, poate fi reprezentată în modul următor;

Fiecărui punct al diagonalei îi aparţin patru valori diferite, dar interdependente. Din grafic se poate stabili că, de exemplu valorii $pH = 4$ îi aparţin următoarele valori :

$[H^+] = 10^{-4}$, $[HO^-] = 10^{-10}$, respectiv $pOH = 10$. Deci soluţia este acidă.

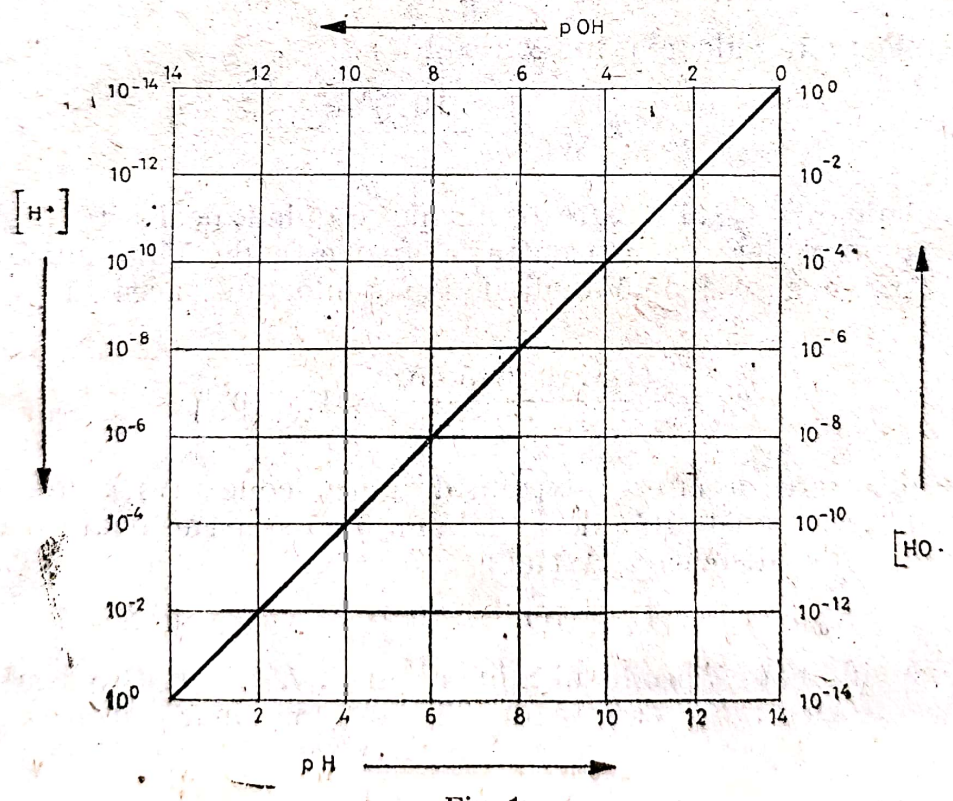


Fig. 1

3.8.3. Stabilirea caracterului chimic al soluţiilor diluate cu ajutorul pH-ului

Dacă se adaugă la apa pură o cantitate mică de acid, concentraţia ionilor de hidrogen, respectiv de oxoniu, va creşte. Din relaţia produsului

ionic al apei rezultă că, creşterea concentraţiei ionilor de hidrogen provoacă micşorarea concentraţiei ionilor de hidroxid. Mai precis, de cîte ori va fi mai mare numărul ionilor de hidrogen, de atîtea ori va fi mai mic numărul ionilor de hidroxid în soluţie. Dacă la apa pură în loc de acid se adaugă o bază, atunci va creşte concentraţia ionilor de hidroxid şi vom avea o situaţie inversă ca cea precedentă.

Pentru prezentarea variaţiei concentraţiilor ionilor de H^+ şi HO^- în soluţii apoase ale acizilor şi bazelor total disociate (de diferite concentraţii), poate fi folosit un tabel conceput în felul următor:

	Normalitatea acidului	$[H^+]$	$[HO^-]$	$[H^+]\,[HO^-] = K_W$	pH
	1	10^0	10^{-14}	$10^0 \cdot 10^{-14} = 10^{-14}$	0
	0,1	10^{-1}	10^{-13}	$10^{-1} \cdot 10^{-13} = 10^{-14}$	1
Mediu acid	0,01	10^{-2}	10^{-12}	$10^{-2} \cdot 10^{-12} = 10^{-14}$	2
	0,001	10^{-3}	10^{-11}	$10^{-3} \cdot 10^{-11} = 10^{-14}$	3
	0,0001	10^{-4}	10^{-10}	$10^{-4} \cdot 10^{-10} = 10^{-14}$	4
	0,00001	10^{-5}	10^{-9}	$10^{-5} \cdot 10^{-9} = 10^{-14}$	5
	0,000001	10^{-6}	10^{-8}	$10^{-6} \cdot 10^{-8} = 10^{-14}$	6
Apă neutră	0,0000001	10^{-7}	10^{-7}	$10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}$	7
	0,000001	10^{-8}	10^{-6}	$10^{-8} \cdot 10^{-6} = 10^{-14}$	8
	0,00001	10^{-9}	10^{-5}	$10^{-9} \cdot 10^{-5} = 10^{-14}$	9
Mediu bazic	0,0001	10^{-10}	10^{-4}	$10^{-10} \cdot 10^{-4} = 10^{-14}$	10
	0,001	10^{-11}	10^{-3}	$10^{-11} \cdot 10^{-3} = 10^{-14}$	11
	0,01	10^{-12}	10^{-2}	$10^{-12} \cdot 10^{-2} = 10^{-14}$	12
	0,1	10^{-13}	10^{-1}	$10^{-13} \cdot 10^{-1} = 10^{-14}$	13
	1	10^{-14}	10^0	$10^{-14} \cdot 10^0 = 10^{-14}$	14
	Normalitatea bazei				

Din acest tabel rezultă că valorile pH-ului determină exact concentraţia ionilor de hidroxid într-o soluţie. Astfel, devine inutilă întrebuinţarea pOH-ului pentru caracterizarea concentraţiei ionilor de hidroxil a soluţiei.

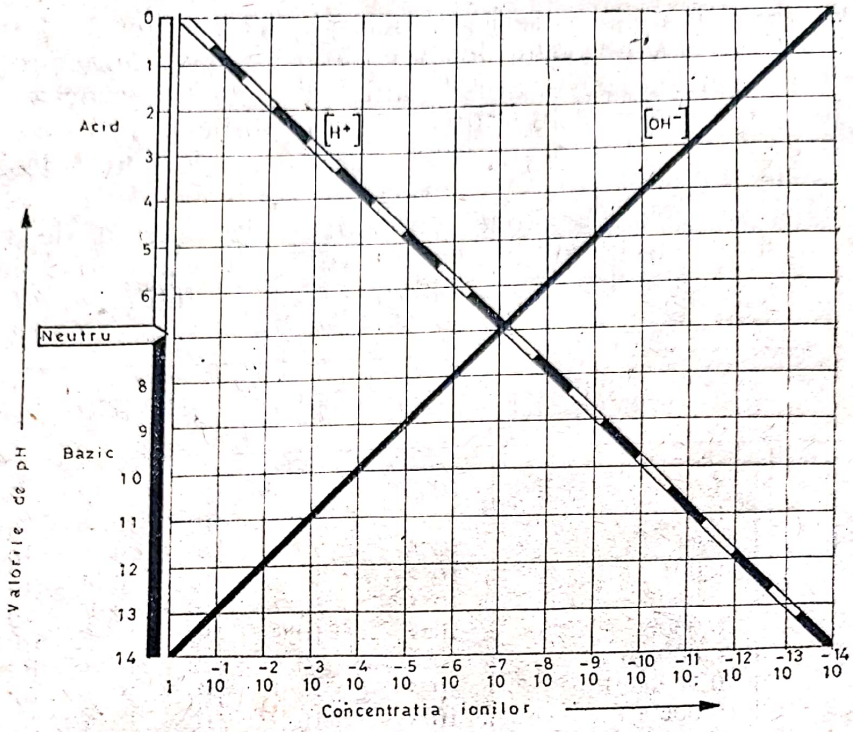
Determinarea concentraţiei ionilor de H^+, respectiv HO^- cu ajutorul pH-ului, poate fi realizată numai în cazul soluţiilor de electroliţi mai diluaţi decît 1 n, deoarece la concentraţii mai mari pH-ul va avea valori negative, avînd în vedere că în cazul soluţiei de acid 1 n $pH = -\lg 10^0\,[H^+] = 0$. Pentru demonstrarea acestui fapt, poate fi folosit graficul următor 1.

În vederea fixării noţiunii de pH, se pot rezolva următoarele probleme legate de calcularea pH-ului şi a $[H^+]$. Baza calculelor:

$$-\lg\,[H^+] = pH$$

1) $[H^+] = 0{,}01$; $pH = -\lg 0{,}01 = 0{,}00 + 1 = 2$
2) $[H^+] = 0{,}0047$; $pH = -\lg 0{,}0047 = -0{,}67 + 3 = 2{,}33$
3) $pH = 4{,}92$; $-\lg [H^+] = 4{,}92$; $\lg [H^+] = -4{,}92 = 0{,}08 - 5$;
$[H^+] = 0{,}000012 = 1{,}2 \cdot 10^{-5}$

Scanned with OKEN Scanner



Graficul 1

4) $pH = 3{,}886$; $-\lg [H^+] = 3{,}886$; $\lg [H^+] = -3{,}886 = 0{,}114 - 4$;
$[H^+] = 0{,}00013 = 1{,}3 \cdot 10^{-4}$

3.9. Indicatori

În legătură cu caracterul acido-bazic al soluțiilor se va arăta că acesta poate fi stabilit cu ajutorul unor substanțe, numite indicatori. Indicatorii de obicei sînt coloranți organici cu caracter slab sau acid bazic, care în funcție de caracterul acid sau bazic al soluției, au culori diferite. Acești indicatori pot fi întrebuințați atît sub formă de soluții, cît și sub formă de hîrtie, care este îmbibată cu soluția indicatorului.

Cei mai importanți indicatori acido-bazici sînt : turnesolul, metiloranjul și fenolftaleina. În vederea cunoașterii de către elevi a acestor indicatori, profesorul va efectua următoarele experiențe :

În 3 cristalizoare cu diametru de 6 cm, așezate pe masa retroproiectorului, se măsoară cu pipetă sau biuretă 50 cm^3 din următoarele soluți : În primul soluție de acid clorhidric 0,1 n, în al doilea apă distilată, iar în ultimul soluție de hidroxid de sodiu 0,1 n. Se adaugă la fiecare cîte 5 picături soluție de turnesol și se proiectează pe ecran, culorile devenind astfel vizibile elevilor.

Experiența se repetă cu indicatorii metiloranj și fenolftaleină.

Dacă este posibil, aceste experiențe pot fi efectuate de elevi în grupe de cîte 2—3, fără utilizarea retroproiectorului, asigurînd astfel posibilitatea observării directe.

Scanned with OKEN Scanner

Indiferent de modul de efectuare a experienţelor, elevii vor trece observaţiile lor în tabelul următor :

Indicatori	Culoarea indicatorului în		
	HCl	Apă distilată	NaOH
Turnesol			
Metiloranj			
Fenolftaleină			

Cu scopul demonstrării faptului că indicatorul nu-şi schimbă brusc culoarea, ci treptat, se va proceda în modul următor :

Se aşează pe masa retroproiectorului un cristalizor cu diametrul de 6 cm în care s-a pipetat 10 cm^3 soluţie de acid clorhidric 0,1 *n*. Soluţiei i se adaugă 5 picături din soluţia de indicator metiloranj, apoi soluţia se neutralizează dintr-o pipetă sau biuretă cu soluţie de hidroxid de sodiu 0,1 *n* pînă cînd se obţine coloraţia identică cu cea a apei distilate în prezenţa indicatorului metiloranj. În continuare se va adăuga un mic exces de NaOH pînă la obţinerea culorii galbene.

Pe baza acestei experienţe se va evidenţia că indicatorii îşi schimbă culoarea într-un domeniu de pH bine stabilit şi caracteristic fiecărui indicator, numit interval de viraj. Astfel, metiloranjul la $pH = 3{,}1$ este de culoare roşie şi numai la $pH = 4{,}4$ trece în culoarea galbenă printr-o culoare intermediară portocalie. Turnesolul schimbă culoarea între $pH = 6{,}0-8{,}0$, iar fenolftaleina între $pH = 8{,}2-10{,}0$.

Pentru explicarea acestei comportări, se va arăta că culorile diferite ale indicatorilor, aparţin unor structuri diferite a moleculei. Considerînd indicatorul ca un acid (slab) notat cu HIn, care disociază conform ecuaţie reacţiei :

$$HIn \rightleftharpoons H^+ + In^-,$$

iar protonul se combină cu o moleculă de apă :

$$H^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+$$

forma disociată (In^-), adică anionul va avea o culoare diferită de forma nedisociată (HIn). Acestei reacţii de echilibru i se poate aplica legea acţiunii maselor, dec :

$$K_d = \frac{[H^+]\ [In^-]}{[HIn]}$$

În soluţia apoasă a unui indicator sînt prezente atît moleculele nedisociate, cît şi cele disociate. Dar disocierea este foarte redusă, deci valoarea lui K_d este foarte mică, din care motiv în această soluţie va domina culoarea formei nedisociate. De exemplu, forma nedisociată a fenolftaleinei este incoloră, iar cea disociată este roşie. Astfel, în soluţia apoasă a fenol-

Scanned with OKEN Scanner

ftaleinei vor fi prezente foarte multe molecule nedisociate incolore și un număr redus de anioni de culoare roșie. Din acest motiv, culoarea roșie a anionului se observă foarte slab, astfel soluția are culoarea palid-roz.

Este de menționat faptul că ochiul uman observă o culoare alături de o altă culoare, numai în cazul cînd este prezentă în proporție de cel puțin 10% față de cealaltă culoare.

Dacă la soluția apoasă a indicatorului fenolftaleină se adaugă un acid mai tare (de ex. HCl), reacția de disociere va fi deplasată spre stînga, ionii transformîndu-se în molecule nedisociate. Astfel, cu creșterea concentrației ionilor de H^+ valoarea lui K_d rămîne neschimbată, iar soluția devine complet incoloră, din cauza creșterii numărului moleculelor nedisociate. În cazul cînd soluției apoase de fenolftaleină i se adaugă o bază, echilibrul reacției se va deplasa spre dreapta, deoarece ionii de hidrogen se combină cu ionii de HO^-, introduși în soluție. Astfel, se micșorează numărătorul din expresia constantei K_d, care atrage după sine micșorarea numitorului, în consecință disocierea unui număr de molecule ale indicatorului. Culoarea soluției în urma creșterii cantității ionilor In va deveni mai întîi roz, apoi roșie.

Cînd culoarea soluției este roz, atunci concentrația anionului este egală cu cea a moleculelor nedisociate, adică $[In^-] = [HIn]$. Aceasta înseamnă că:

$$[H^+] = K_d$$

adică concentrația ionilor de H^+ în așa numitul punct de viraj, este identică numeric cu K_d a indicatorului.

Luînd logaritmul cu semn schimbat al ambelor părți ale ecuației de mai sus, se obține:

$$p\mathrm{H} = -\log K_d$$

Astfel, pH-ul punctului de viraj coincide cu valoarea numerică a logaritmului cu semn schimbat al lui K_d. Acest logaritm cu semn schimbat se numește exponent de indicator și se notează cu p_i.

Metiloranjul este o bază slabă, care poate fi notată cu MeOH și disociază în modul următor:

$$\mathrm{MeOH} \rightleftharpoons \mathrm{Me^+} + \mathrm{HO^-}$$

Soluția apoasă a indicatorului este galbenă, deoarece conține multe molecule MeOH nedisociate de culoare galbenă și ioni Me^+ de culoare roșie într-un număr redus, disocierea fiind foarte redusă.

Aplicînd legea acțiunii maselor la echilibrul de mai sus, se obține:

$$\begin{matrix}\text{roșu} \longrightarrow \\ \text{galben} \longrightarrow\end{matrix} \frac{[Me^+]\,[HO^-]}{[MeOH]} = K_d$$

Valoarea lui K_d este foarte mică, ceea ce indică prezența unui număr redus de ioni. Astfel, culoarea roșie a ionilor nu se observă alături de culoarea galbenă a moleculelor nedisociate, prezente într-o cantitate mare.

Scanned with OKEN Scanner

Discutarea modificării culorii sub influența unei baze sau a unui acid în cazul metioranjului, se poate realiza în mod analog cu cea prezentată în cazul fenolftaleinei.

În încheierea discuției se va arăta că numărul indicatorilor acido-bazici este mare, dintre care destul de mulți sînt întrebuințați frecvent, ca de exemplu roșul de metil, galbenul de dimetil etc.

3.10. Reacția acid-bază (neutralizare)

În vederea introducerii noțiunii de neutralizare și în același timp a celei de sare, se vor efectua următoarele experiențe:

Soluțiile de acid clorhidric și hidroxid de sodiu, care conțin același indicator, folosiți mai înainte la verificarea culorii indicatorilor în diferite medii, după o observare corespunzătoare de către elevi, se amestecă într-unul dintre cele două cristalizoare și se așează din nou acest cristalizor pe masa retroproiectorului. Deoarece aceste soluții conțin cantități echivalente de HCl și NaOH, la proiectare elevii vor oberva că, în cazul soluțiilor cu fenolftaleină, soluția nouă obținută nu este roșie, ci incoloră, soluția cu turnesol este violetă, iar cea cu metiloranj este portocalie, adică aceste culori coincid cu culoarea indicatorilor în apa distilată.

Din cele observate elevii pot trage concluzia că, soluția obținută în urma amestecării, nu este nici acidă, nici alcalină. Dar elevii nu pot stabili încă dacă în acest caz a avut loc sau nu o transformare chimică, adică substanțele amestecate au suferit vreo modificare sau nu. Din acest motiv continuăm experiența în felul următor:

Dintr-una din soluțiile obținute după amestecare, evaporăm o cantitate mică pînă la sec și substanța albă rămasă în vas se gustă de către elevi. Pe baza gustului sărat devine evident că s-a format o substanță nouă, care nu seamănă nici cu baza, nici cu acidul. (Cu excepția acestui caz special, gustarea substanțelor chimice trebuie evitată)

Pentru a clarifica motivul dispariției proprietății de acid și bază, respectiv formării unei substanțe cu proprietăți noi, se va pune elevilor întrebarea: Ce a cauzat schimbările în soluție? Deoarece elevii știu că o substanță nouă se formează în urma interacțiunii dintre două substanțe, vor putea să deducă că prin amestecarea soluțiilor a avut loc o reacție chimică în care acidul clorhidric a reacționat cu hidroxidul de sodiu. Apoi elevii vor fi îndrumați să scrie ecuația reacției, luînd în considerare că aceasta a avut loc în mediu apos, în care acidul clorhidric se ionizează conform reacției:

$$H-\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: + H-\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}-H \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$$

împrospătînd astfel cunoștințele elevilor însușite anterior. Astfel, reacția care a avut loc între HCl și NaOH se va scrie sub formă ionică, subliniind din nou că hidroxidul de sodiu este o substanță ionică:

$$H_3O^+ + Cl^- + Na^+ + HO^- \longrightarrow Na^+ + Cl^- + H_2O$$

Ca o sinteză a faptelor, descoperite prin analiza experiențelor observate, elevii pot stabili că, prin interacțiunea acidului clorhidric cu hidroxidul de sodiu s-a format o sare, numită clorură de sodiu și apă.

Scanned with OKEN Scanner

După această concluzie, în vederea pregătirii posibilității de generalizare, se va adresa elevilor întrebarea : Oare ce se formează atunci cînd acidul clorhidric reacționează cu o altă bază, respectiv hidroxidul de sodiu cu un alt acid? Pentru a găsi răspunsul la această întrebare, elevii vor fi îndrumați să scrie ecuația reacțiilor următoare :

$$H_3O^+ + Cl^- + Ca^{2+} + 2HO^- \longrightarrow Ca^{2+} + 2Cl^- + 2H_2O$$

$$2H_3O^+ + SO_4^{2-} + 2Na^+ 2HO^- \longrightarrow 2Na^+ + SO_4^{2-} + 2H_2O$$

Pe baza acestor reacții se evidențiază că în fiecare caz, alături de apă, s-a format cîte o sare, corespunzătoare acidului, respectiv bazei care au reacționat. Apoi se pune întrebarea : Din ce și cum se formează molecula de sare, respectiv moleculele de apă?

Cu scopul de a găsi răspunsul la întrebarea pusă, se vor analiza reacțiile scrise, din care trebuie să rezulte observația că, în aceste reacții sînt ioni care apar, atît în membrul drept, cît și în membrul stîng al ecuației (Cl^-, SO_4^{2-}, Na^+, Ca^{2+}). În consecință ei nu iau efectiv parte la reacție și deci pot fi omiși din ecuație. Reacția care are loc de fapt este :

$$H_3O^+ + HO^- \longrightarrow 2H_2O,$$

în care are loc un transfer de proton de la ionul de oxoniu (H_3O^+) la ionul de hidroxid (HO^-), adică de la acid la hidroxidul respectiv, formînd apă. Se generalizează cu ajutorul elevilor că, toate reacțiile în care are loc transfer de proton de la un acid la o bază, poartă numele de *reacții de neutralizare*. Deci reacția de neutralizare are loc între un acid (H_3O^+) și o bază. În urma acestei reacții dispare funcția acidă și cea bazică, ceea ce duce la modificări calitative a substanțelor.

Pentru precizarea și lărgirea cunoștințelor elevilor, se va arăta că în reacțiile de neutralizare discutate mai înainte, ca bază a participat un hidroxid. Fiind cunoscut de către elevi faptul că există substanțe cu caracter bazic care nu sînt hidroxizi, trebuie discutată neutralizarea amoniacului în mediu apos. În acest scop se va cere elevilor să scrie ecuația reacției de ionizare a NH_3 în apă.

$$:NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + HO^-$$

Se menționează că amoniacul este un gaz foarte ușor solubil în apă. Solvirea amoniacului în apă se produce în două moduri : O mică parte de amoniac se solvă chimic în conformitate cu procesul prezentat mai sus, iar cea mai mare parte se solvă fizic. Din acest motiv, reacția de ionizare a amoniacului în mediu apos este foarte deplasată spre stînga. Astfel, reacția amoniacului cu un acid (de ex. HCl) în mediu apos se poate scrie în felul următor :

$$H_3O^+ + Cl^- + :NH_3 \longrightarrow NH_4^+ + Cl^- + H_2O$$

în loc de :

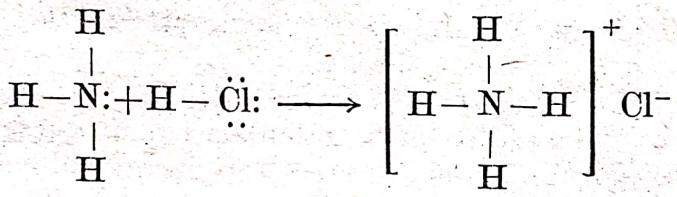
$$H_3O^+ + Cl^- + NH_4^+ + HO^- \longrightarrow NH_4 + Cl + 2H_2O$$

Se subliniază pe baza primei reacţii că, amoniacul este o bază mai tare ca apa şi transferul de proton are loc între ionul de oxoniu (acidul) şi amoniac :

$$H_3O^+ + :NH_3 \longrightarrow NH_4^+ + H_2O$$

Se va evidenţia că în procesele de neutralizare fenomenul general este formarea sării şi nu şi formarea apei. Apa se formează numai în reacţiile în care baza este un hidroxid. Dacă baza este de exemplu amoniacul, nu se formează apă, numai sarea corespunzătoare a acidului. (În reacţia $H_3O^+ + NH_3 \longrightarrow NH_4^+ + H_2O$ apa nu se formează, deoarece este prezentă ca purtătoare de proton).

Pentru demonstrarea celor afirmate mai înainte, se va efectua frontal cu clasa următoarea experienţă : Se apropie sticla care conţine soluţie concentrată de NH_3 şi sticla care conţine soluţie concentrată de HCl. Se va observa formarea sării. Aceasta se va interpreta prin scrierea ecuaţiei reacţiei chimice a procesului care a avut loc :



Cu scopul întăririi faptului că, în urma reacţiei amoniacului ca acizii în mediu neapos, se formează numai o sare, se vor scrie şi alte reacţii ale amoniacului cu acizi, ac HNO_3, H_2SO_4 etc.

Se va arăta că în practică majoritatea reacţiilor de neutralizare se produc în mediu apos, dar formarea apei în urma reacţiei de neutralizare nu depinde de mediu. Hidroxizii cu acizii, în afara sării, şi în mediu neapos formează apă. De exemplu :

$$HCl + Na^+HO^- \longrightarrow Na^+Cl^- + H_2O$$

În continuare se va discuta neutralizarea acizilor şi bazelor poliprotice, urmărindu-se în acelaş timp şi completarea cunoştinţelor elevilor despre echivalentul chimic al acizilor şi bazelor. Se va evidenţia că acesta în cazul acizilor şi bazelor poliprotice se stabileşte în raport cu numărul protonilor cedaţi, respectiv acceptaţi în procesul de neutralizare. În acest scop se va efectua mai întîi neutralizarea prin titrare a unei soluţii de acid clorhidric n cu hidroxid de sodiu n în prezenţa indicatorului metiloranj, arătînd că în acest caz echivalentul chimic al HCl este egal cu masa moleculară a acidului, adică 36,5, deoarece raportul în care acidul reacţionează cu baza este 1 : 1, aşa cum rezultă din ecuaţia de reacţie :

$$HCl + NaOH \longrightarrow NaCl + H_2O$$

Apoi se va efectua titrarea soluţiei de acid fosforic n cu hidroxidul de sodiu n pînă la formarea sării diacide, NaH_2PO_4, cînd echivalentulchimic al H_3PO_4 este de asemenea egal cu masa moleculară a acidului, adicl 98, deoarece are loc reacţia :

$$H_3PO_4 + NaOH \longrightarrow NaH_2PO_4 + H_2O$$

Într-o altă probă se continul titrarea pînă la sarea monoacidă, Na_2HPO_4, echivalentul fiind în acest caz egal cu masa moleculară supra doi, adică $\frac{98}{2} = 49$, avînd în vedere că raportul dintre acid şi bază este 1 : 2, conform reacţiei :

$$H_3PO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2HPO_4 + 2H_2O.$$

Pentru indicarea sfîrşitului titrării în prima treaptă se va întrebuinţa metiloranj, iar în treapta a doua timolftaleină.

Se va sublinia importanţa practică a reacţiei de neutralizare, arătînd că în laboratoare, pe baza acestei reacţii se efectuează determinarea concentraţiei soluţiilor de acid sau bază, precum şi rolul indicatorilor în aceste determinări. Apoi se va arăta modul de calculare a rezultatului în cazul titrărilor efectuate mai înainte.

3.10.1. Modificarea pH-ului la titrarea acizilor tari

În clasa a XI-a studierea variaţiei *p*H-ului pe parcursul titrării acizilor tari, se poate realiza prin calcularea concentraţiei ionilor de hidrogen, respectiv a *p*H-ului la titrarea a 100 cm³ soluţie de HCl 0,1 *n* cu soluţie de NaOH *n*. În acest caz diluarea probei pe parcursul titrării poate fi neglijată. Cantităţile echivalente din cele două soluţii sînt : 100 cm³ HCl 0,1 *n* şi 10 cm³ NaOH *n*.

HCl în soluţie apoasă 0,1 *n* ($[H^+] = 10^{-1}$) poate fi considerat complet ionizat, deci *p*H-ul soluţiei înaintea titrării este egal cu :

După ce s-a adăugat 5,00 cm³ NaOH *n*, din cantitatea totală de acid, existent iniţial în soluţie, 50% a fost neutralizat, deci concentraţia iniţială a ionilor de H^+ s-a micşorat la jumătate, adică $[H^+] = \frac{10^{-1}}{2} = 5.10^{-2}$, astfel $pH = 2 - \log 5 = 2 - 07 = 1{,}3$.

După adăugarea a 9,00 cm³ NaOH *n* se neutralizează 90% din acidul existent iniţial în soluţie, deci concentraţia ionilor de H^+ s-a micşorat la 1/10-a parte, deci $[H^+] = 0{,}01 = 10^{-2}$, astfel $pH = 2$.

După adăugarea a 9,90 cm³ NaOH *n*, concentraţia ionilor de H se micşorează la 1/100-a parte, deci $[H^+] = 0{,}001 = 10^{-3}$, astfel $pH = 3$.

După adăugarea a 9,99 cm³ NaOH, $[H^+] = 0{,}0001 = 10^{-4}$, iar $pH = 4$.

Cînd s-au adăugat 10 cm³ NaOH *n*, se ajunge la punctul de echivalenţă şi *p*H-ul soluţiei devine identic cu cel al apei, $pH = 7$.

Adăugînd 0,01 cm³ NaOH n în exces, concentraţia ionilor de hidroxid va fi : $[HO^-] = \frac{0{,}01}{100} = 10^{-4}$, iar $[H^+] = 10^{-10}$, astfel pH =10.

La un exces de 0,10 cm³ NaOH *n*, $[HO^-] = \frac{0{,}10}{100} = 10^{-3}, [H^+] = 10^{-11}$, astfel $pH = 11$.

Scanned with OKEN Scanner

După un exces de 1,00 cm³ NaOH n $[HO^-] = \frac{1}{100} = 10^{-2}$, iar $[H^+] = 10^{-12}$, astfel pH = 12.

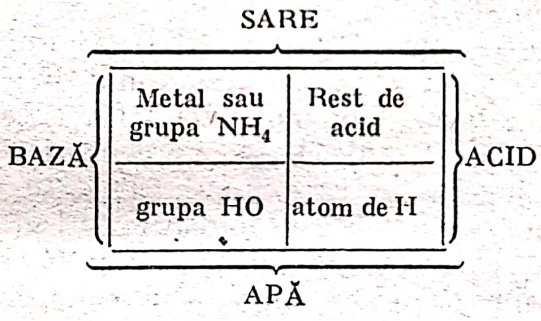
Un exces de 10,00 cm³ NaOH n mărește concentrația ionilor de HO^- = la 10^{-1}, astfel $[H^+]$ se micșorează la 10^{-13}, deci pH = 13.

Reprezentînd grafic aceste momente ale titrării, adică pH-ul soluției în funcție de cantitatea de NaOH adăugat, se va obține curba de titrare, care va fi prezentată elevilor de către profesor.

3.11. Săruri

La discutarea reacției de neutralizare s-a introdus și noțiunea de sare. S-a arătat că în urma interacțiunii a două substanțe cu proprietăți opuse, se formează o nouă substanță cu proprietăți diferite de cele din care a rezultat. Prin opoziția acizilor și bazelor se formează noțiunea de sare care înglobează cele două grupe de substanțe cu proprietăți contrarii.

Cu scopul de a evidenția cît mai clar relația care există între acizii, baze și săruri, după ce se vor defini cu ajutorul elevilor sărurile ca substanțe formate din metal sau gruparea NH_4 și restul de acid, accentuîndu-se că acestea sînt substanțe ionice, se va prezenta elevilor schema de mai jos, asigurînd astfel o privire de ansamblu asupra corelației și interdependenței care există între aceste grupe de substanțe:



Formula sării	Denumirea sării	Formula sării	Denumirea sării
NaCl		$CuCl_2$	
KI		$SnCl_2$	
$CaCl_2$			Clorură de staniu (IV)
$NaHSO_4$		$Al_2(SO_4)_3$	
	Sulfat de sodiu	$CaHPO_4$	
K_2CO_3		Na_2HPO_4	
	Carbonat acid de sodiu	NaH_2PO_4	
$CaCO_3$			Fosfat diacid de calciu
$FeSO_4$		$Ca_3(PO_4)_2$	
	Sulfat de fier (III)		Fosfat trisodic
CuCl		$FeCl_3$	

Printr-o corelare obiectivă a interacţiunilor, relaţiilor, legităţilor dezvăluite, se formează şi se dezvoltă treptat-treptat concepţia ştiinţifică despre lume la elevi.

Subliniind din nou că prin reacţia de neutralizare se formează totdeauna o sare, se vor arăta elevilor şi alte modalităţi de obţinere a sărurilor. Apoi, prin antrenarea elevilor se vor discuta şi stabili regulile de denumire a sărurilor. În vederea exersării acestor denumiri, elevii vor completa tabelul din pagina anterioară.

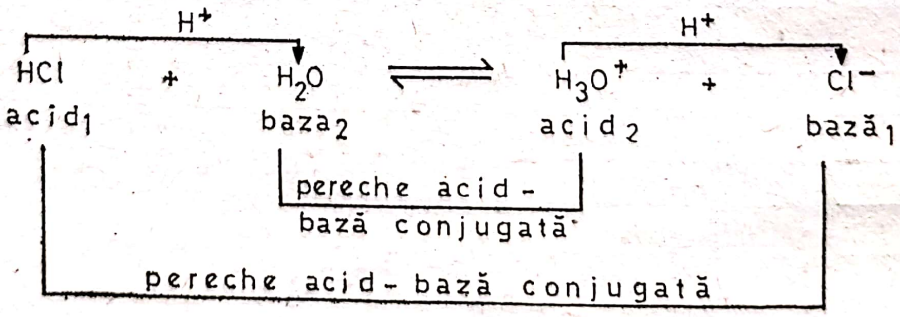
3.12. Acid-bază conjugate

În vederea introducerii noţiunii perechii de acid-bază conjugate se vor verifica în prealabil cunoştinţele elevilor despre ionizarea apei, a acizilor şi a bazelor, respectiv reacţia de neutralizare. Referitor la ionizarea acizilor şi bazelor elevii au învăţat că transferul de proton s-a produs între molecula de acid şi apă, respectiv între molecula de bază şi apă. Se va lua ca exemplu ionizarea HCl:

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$$

În această reacţie acidul a cedat protonul apei, deci apa este baza. Deoarece reacţia este reversibilă, se va urmări şi sensul invers al reacţiei, de la dreapta la stînga, observîndu-se că şi în acest caz are loc un transfer de proton. În acest proces ionul H_3O^+ a cedat protonul ionului provenit din restul de acid (Cl^-). Aşadar, în acest caz ionul de oxoniu este acidul, iar ionul de clorură este baza. Din molecula HCl, care este un acid, s-a format ionul de clorură (Cl^-), adică baza. Perechea $HCl—Cl^-$ se numeşte pereche acid-bază conjugată, în care ionul Cl^- este baza conjugată a acidului HCl. De asemenea, în procesul ionizării HCl în apă, din molecula H_2O, care funcţionează ca bază, s-a format ionul H_3O^+, adică un acid. Cuplul $H_2O—H_3O^+$ formează de asemenea o pereche de acid-bază conjugată, adică H_3O^+ este acidul conjugat al bazei H_2O.

Procesul de mai sus se poate prezenta prin schema:



Generalizînd acest proces chimic, în care se includ două reacţii opuse, se va prezenta următoarea schemă:

$$\text{acid}_1 \rightleftharpoons \text{bază}_1 + H^+$$

$$\text{bază}_2 + H^+ \rightleftharpoons \text{acid}_2$$

$$\text{acid}_1 + \text{bază}_2 \rightleftharpoons \text{bază}_1 + \text{acid}_2$$

Scanned with OKEN Scanner

Se evidenţiază că în acest sistem are loc un transfer de protoni de la acidul$_1$ la baza $_2$, respectiv de la acidul$_2$ la baza$_1$. Prin acceptare de proton de la acid, baza se transformă în acidul ei conjugat, iar acidul iniţial în baza sa conjugată.

În vederea extinderii noţiunii perechii de acid-bază conjugată, se va relua ionizarea apei, arătînd că transferul de proton poate avea loc şi între două molecule de apă :

$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HO^-$$

$$\text{acid}_1 \quad \text{bază}_2 \qquad \text{acid}_2 \quad \text{bază}_1$$

Rezultă că, apa poate avea atît funcţie acidă, cît şi funcţie bazică, deci este o *combinaţie amfoteră*, un *amfolit*. Procesul în care transferul de proton are loc între două molecule identice, ca şi în cazul moleculelor de apă, se numeşte *autoprotoliză*. Se va arăta că, sînt cunoscute multe combinaţii la care transferul de protoni are loc între două molecule identice. De exemplu :

$$C_2H_5{-}OH + C_2H_5{-}OH \rightleftharpoons C_2H_5{-}OH_2^+ + C_2H_5{-}O^-$$

$$NH_3 + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^- + NH_2^-$$

În vederea realizării legăturii între perechilede acid-bază conjugate şi reacţia de neutralizare, se va urmări procesul ionizării apei de la dreapta la stînga. Din această analiză rezultă că reacţia reprezintă un proces de neutralizare care are loc între un acid şi un hidroxid, ionul H_3O^+ cedînd protonul ionului HO^-. Dar şi alte reacţii de neutralizare au loc prin transfer de protoni. De exemplu :

$$H_3O^+ + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + H_2O$$

$$\text{acid}_1 \quad \text{bază}_2 \qquad \text{acid}_2 \quad \text{bază}_1$$

Se poate generaliza deci că toate reacţiile de neutralizare au loc cu transfer de protoni. Reacţiile cu transfer de protoni se numesc *reacţii protolitice*.

Se va concluziona că, în toate reacţiile cu transfer de protoni sînt prezenţi totdeauna două perechi de acid-bază conjugată, iar perechile de acid-bază diferă în compoziţia lor doar printr-un proton. Conform acestei concepţii, acizii sînt de trei feluri, ca şi bazele conjugate lor :

Acizi — Baze conjugate

a) Acizi neutri — Baze anionice

$$HCl\,;\ H_2SO_4\,;\ CH_3{-}COOH\,;\ H_2O \underset{+H^+}{\overset{-H^+}{\rightleftharpoons}} Cl^-\,;\ HSO_4^-\,;\ CH_3{-}COO^-\,;\ HO^-$$

b) Acizi cationici — Baze neutre

$$H_3O^+\,;\ NH_4^+ \underset{+H^+}{\overset{-H^+}{\rightleftharpoons}} H_2O\,;\ NH_3$$

c) Acizi anionici — Baze di- sau polianionice

$$HCO_3^- ;\ HSO_4^- ;\ HPO_4^{2-} \underset{+H^+}{\overset{-H^+}{\rightleftharpoons}} CO_3^{2-} ;\ SO_4^{2-}\ PO_4^{3-}$$

În vederea aprofundării noțiunii de pereche acid-bază conjugată, se dau elevilor spre studiere următoarele sisteme, cerîndu-li-se să stabilească care sînt perechile de acid-bază conjugate, în schemele de mai jos:

$$NH_3 + HOH \rightleftharpoons NH_4^+ + HO^-$$

$$H_2SO_4 + HOH \rightleftharpoons HSO_4^+ + H_3O^+$$

$$NH_3 + H_2SO_4 \rightleftharpoons NH_4^+ + HSO_4^-$$

3.12. Acizi tari și acizi slabi. Baze tari și baze slabe

Introducerea noțiunilor de acid tare și acid slab, se poate realiza pornindu-se dintr-un sistem cu perechi de acid-bază conjugate. Profesorul va conduce discuția cu clasa în așa fel, încît să se ridice următoarea întrebare: Dacă într-un sistem se găsesc împreună acidul și baza (chiar mai multe baze și mai mulți acizi), cine va determina caracterul acid sau bazic al soluției?

Pentru a se răspunde acestei întrebări, trebuie să se facă o asociere între procesul de ionizare a acizilor și a apei. Pentru aceasta se va cere elevilor să efectueze frontal următoarele experiențe chimice:

a) Acțiunea acidului clorhidric și acidului acetic asupra turnesolului (concentrația acilor 0,1n).

b) Reacția dintre zinc și soluția celor doi acizi menționați mai sus, pentru a evidenția diferența de viteză a reacțiilor.

c) Verificarea conductibilității electrice a soluțiilor 0,1 n de HC și $CH_3—COOH$, precum și a apei pure. (Sub formă demonstrativă.)

Elevii sînt îndrumați să-și noteze observațiile, să le interpreteze și să explice deosebirile semnalate. Se cere apoi să se scrie ecuația reacției de ionizare a acizilor cu care s-a lucrat, precum și a apei:

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^- \qquad (1)$$

$$CH_3—COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3—COO^- \qquad (2)$$

$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HO^- \qquad (3)$$

Pe baza ecuațiilor și a experiențelor efectuate, se va desfășura următorul raționament:

În soluție sînt prezenți atît ionii H_3O^+, care determină caracterul acid al soluției, cît și ionii HO^-, care dau caracterul bazic al acesteia.

Scanned with OKEN Scanner

În soluția de HCl concentrația în H_3O^+ este mai mare decît în soluția de egală concentrație a CH_3-COOH, datorită ionizării diferite a celor doi acizi. Acidul clorhidric ionizează (practic) în întregime în soluție. Așa se explică coloraţia diferită a indicatorului, conductibilitatea electrică diferită, precum și viteza de reacție diferită cu zincul a celor doi acizi. Pe baza conductibilității apei se explică că aceasta în stare pură este foarte slab ionizată, deci concentrația ionilor de H_3O^+ și HO^- prezenți este redusă.

De fapt, caracterul acid sau bazic al soluției apoase este determinat de raportul dintre concentrația ionilor de H_3O^+ și HO^-.

Folosind exemplele date mai înainte, se va explica cu ajutorul elevilor, care soluție va avea un caracter acid mai pronunțat: Soluția de HCl sau cea de CH_3-COOH?

În cazul reacției (1) echilibrul este (practic) complet deplasat spre dreapta, deci concentrația ionilor de H_3O^+ este mare în raport cu concentrația ionilor HO^- proveniți din ionizarea apei, — conform reacției de echilibru (3). Această reacție este mult deplasată spre stînga, datorită concentrației mare a ionilor de H_3O^+, deci soluția are un caracter acid pronunțat.

În cazul acidului acetic, ionizarea conform reacției (2), nu este atît de pronunțată ca la acidul clorhidric, astfel concentrația în ioni de H_3O^+ este mai redusă, care împiedică într-o măsură mai mică formarea ionilor de HO^-, adică reacția (3) este mai puțin deplasată spre stînga. Din acest motiv caracterul acid al soluției este mai puțin pronunțat.

În cazul apei pure $[H_3O^+] = [HO^-]$, deci soluția are un caracter neutru.

Pe baza celor discutate se pot defini acizii tari și slabi. Tăria unui acid este determinată de deplasarea echilibrului reacției de ionizare a acidului în apă. Dacă echilibrul este mult deplasat spre dreapta, acidul este puternic ionizat, deci este un acid tare. În molecula acizilor tari, protonul este slab legat și este ușor cedat moleculei de apă, deci ei sînt puternic ionizați. La acizii slabi, protonul este mai puternic legat de restul moleculei, din care motiv este cedat mai greu moleculei de apă, deci aceștia sînt mai puțin ionizați.

Acidul clorhidric ionizează (practic) în întregime în soluție, chiar în soluție concentrată, unde ionizarea trece de 90%. În soluții mai diluate (de exemplu la concentrație de 0,001 moli l), ionizarea acidului clorhidric trece de 99%. În general, conform principiului lui Le Chatelier, *diluarea unei soluții favorizează ionizarea.* La fel se comportă și alți acizi, cum sînt acidul iodhidric, bromhidric, sulfuric și azotic. Toți aceștia fac parte din categoria acizilor tari.

Acidul acetic (și alți acizi organici), în concetrație de 0,1 moli/l este puțin ionizat, dar în proporție de 1,35% din totalul moleculelor prezente. În soluții mai diluate ionizarea crește, astfel la concentrația de 0,001 moli/l ionizarea este 12%, iar în concentrație de 0,0001 moli/l ionizarea atinge valoarea de 33% (la 18°C). Acidul acetic este deci un acid slab. Există acizi și mai slabi decît acidul acetic (de exemplu sulfura de hidrogen, H_2S), precum și acizi de tărie intermediară între acizii slabi și acizii tari, care se numesc acizi de tărie mijlocie.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a evidenția că acizii tari deplasează acizii slabi din sărurile acestora, elevii vor executa frontal următoarea experiență: Se tratează $CH_3-COONa$ solid cu soluție de HCl conc., punîndu-se în evidență formarea acidului acetic după miros.

Se scrie ecuația reacției:

$$CH_3-COO^- \; Na^+ + HCl \rightleftharpoons CH_3-COOH + Na^+ \; Cl^-$$

Acidul clorhidric fiind un acid tare, cedează ușor protonul ionului de acetat, care acceptă ușor protonul și se formează un acid slab, acidul acetic. Este deci mai corect să se scrie reacția de mai sús în felul următor:

$$CH_3-COO^- + HCl \rightleftharpoons CH_3-COOH + Cl^-$$

Cu ajutorul elevilor se va evidenția deci că HCl fiind un acid mai tare, este capabil să deplaseze CH_3-COOH din sărurile acestuia. Această activitate va servi și ca un moment potrivit pentru a pregăti terenul în vederea introducerii noțiunii de hidroliza sărurilor.

Pentru fixarea și aprofundarea cunoștințelor despre acizii tari și slabi, elevilor li se cere să rezolve prin muncă independentă următoarea sarcină:

Știind că HCl și HNO_3 sînt acizi tari, H_3PO_4 un acid de tărie mijlocie, iar CH_3-COOH și H_2CO_3 sînt acizi slabi, să se stabilească care din reacțiile de mai jos sînt posibile:

1) $Na_2CO_3 + HNO_3 \longrightarrow$

2) $NaCl + CH_3-COOH \longrightarrow$

3) $CH_3-COONa + H_3PO_4 \longrightarrow$

4) $NaNO_3 + CH_3-COOH \longrightarrow$

Făcîndu-se analogie cu cele discutate la acizi, bazele pot fi clasificate și ele în baze tari și baze slabe în funcție de ionizarea acestora în apă. Aceste noțiuni se introduc prin activitatea independentă a elevilor, care vor efectua frontal următoarele experiențe:

a) Se va urmări intensitatea colorării fenolftaleinei în soluții 0,1 *n* de NaOH și NH_3

b) Se va efectua reacția dintre NH_3Cl solidă și soluția de NaOH

c) Profesorul va efectua demonstrativ, conductibilitatea electrică a soluțiilor de NaOH și NH_3 de aceeași concentrație.

Rezultatele experiențelor se interpretează printr-o conversație euristică cu clasa, scoțîndu-se în evidență diferența de tărie care există între NaOH și NH_3. Hidroxidul de sodiu în soluție apoasă este complet ionizat (acesta și în stare solidă este format din ioni), deci este o bază tare. Amoniacul (care este o bază moleculară în stare gazoasă), în soluție apoasă ionizează puțin, deci este o bază slabă.

Pe baza celor discutate se face clasificarea bazelor în baze tari (de ex. NaOH, KOH), baze slabe (de ex. NH_3) și baze de tărie mijlocie [de ex. LiOH, $Ca(OH)_2$, a căror ionizare este cuprinsă între ionizarea bazelor tari și slabe.

Scanned with OKEN Scanner

Bazat pe experienţa efectuată la reacţia dintre NH_4Cl şi NaOH, se concluzionează că bazele tari înlocuiesc bazele slabe din sărurile acestora.

Se scrie ecuaţia reacţiei :

$$NH_4^+ Cl^- + Na^+OH^- \longrightarrow NH_3 + H_2O + Na^+Cl^-$$

De fapt, reacţia are loc numai între ionii de HO^- şi NH_4^+, de aceea este mai corect să se scrie reacţia de mai sus în felul următor :

$$NH_4^+ + HO^- \longrightarrow NH_3 + H_2O$$

Deducem din această ecuaţie că *ionul hidroxid este o bază mai tare decît amoniacul*, căci el atrage protonul din ionul amoniu, formînd apă şi amoniac.

Pe baza cunoştinţelor de mai înainte, se cere elevilor să stabilească care din următoarele reacţii sînt posibile :

$$NH_4Cl + Ca(OH)_2 \longrightarrow$$

$$NaCl + LiOH \longrightarrow$$

$$(NH_4)_2SO_4 + NaOH \longrightarrow$$

3.13.1. Exprimarea cantitativă a tăriei acizilor şi bazelor

Este oportun să arătăm şi elevilor clasei IX-a — atunci cînd clasa are un nivel de pregătire mai ridicat — că tăria acizilor şi bazelor poate fi exprimată cantitativ. Pentru aceasta se utilizează două modalităţi. O modalitate mai puţin riguroasă se bazează pe gradul de ionizare, care se notează cu α şi se defineşte ca fiind raportul dintre numărul de molecule ionizate (ale acidului sau bazei) şi numărul total de molecule dizolvate :

$$\alpha = \frac{\text{nr. moleculelor ionizate}}{\text{nr. total de molecule dizolvate}} \qquad (4)$$

Valorile lui α se cuprind între 0 şi 1 ($0 \leqslant \alpha \leqslant 1$). Se va sublinia că atunci cînd $\alpha = 0$ nu se produce ionizare, iar atunci cînd $\alpha = 1$, are loc o ionizare completă.

Gradul de ionizare se exprimă şi în procente : $100\,\alpha = \beta$.

În funcţie de gradul de ionizare se poate face o clasificare destul de riguroasă a acizilor şi bazelor după cum urmează :

a) acizi slabi şi baze slabe, dacă $\alpha < 0{,}01$ ($\beta < 1\%$) în soluţii $\simeq 0{,}1n$

b) acizi şi baze de tărie mijlocie, dacă $\alpha \simeq 0{,}5$ ($\beta \simeq 50\%$) în soluţii $0{,}1\ n$

c) acizi şi baze tari, cînd $\alpha \simeq 1$ ($\beta \simeq 100\%$) în soluţii $0{,}1\ n$.

Pentru a evidenţia tăria acidului, respectiv a bazei în perechea acid-bază conjugată, se va pleca de la acidul clorhidric. După cum s-a văzut,

acidul clorhidric este un acid tare, iar ionul clorură (Cl^-), baza conjugată a acidului clorhidric, este o bază slabă deoarece acceptă greu protonul. Acest lucru poate fi generalizat astfel : baza conjugată a acidului tare este o bază slabă, și invers.

O modalitate mai riguroasă pentru clasificarea acizilor și bazelor se bazează pe valorile constantelor de aciditate și bazicitate, rezultate din constantele de echilibru ale reacțiilor de ionizare, ceea ce poate fi realizată numai atunci cînd elevii au învățat deja despre echilibru chimic.

În vederea introducerii acestor constante, se va porni de la ecuația reacției de ionizarea a unui acid slab, de exemplu a acidului acetic :

$$CH_3-COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3-COO^-$$

Exprimînd constanta de echilibru a acestei reacții reversibile, conform legii acțiunii maselor se obține :

$$K = \frac{[H_3O^+]\,[CH_3COO^-]}{[CH_3-COOH]\,[H_2O]} \qquad (5)$$

Dacă soluția acidului este suficient de diluată, concentrația apei poate fi considerată constantă și înglobată în constanta de echilibru, obținînd astfel constanta de aciditate a acidului acetic, care se notează cu K_a

$$K\,[H_2O] = K_a = \frac{[H_3O^+]\,[CH_3-COO^-]}{[CH_3-COOH]} \qquad (6)$$

În locul $[H_3O^+]$ folosind $[H^+]$, ajungem la constanta de disociere (K_d) (procesului de disociație electrolitică a CH_3-COOH :

$$CH_3-COOH \rightleftharpoons CH_3-COO^- + H^+$$

Iar constanta de disociere :

$$K_d = \frac{[H^+]\,[CH_3-COO^-]}{[CH_3-COOH]} \qquad (7)$$

În cazul general, cînd se notează acidul cu HA, reacția de ionaizre se prezintă astfel :

$$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$$

Constanta de echilibru

$$K = \frac{[H_3O^+]\,[A^-]}{[HA^3\,[H_2O]}, \qquad (8)$$

iar constanta de aciditate :

$$K_a = \frac{[H_3O^+]\,[A^+]}{[HA]} \qquad (9)$$

Scanned with OKEN Scanner

Constanta de disociere a procesului $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$ este:

$$K_d = \frac{[H^+]\,[A^-]}{[HA]} \tag{10}$$

Constantele de echilibru ale proceselor protolitice — în general — după înmulțirea cu concentrația solventului, corespund cu constantele de disociere. Deoarece constanta de disociere a acizilor slabi și în general a electroliților slabi în soluții diluate este independentă de concentrație, cu ajutorul ei poate fi caracterizată numeric tăria acizilor slabi la o temperatură dată. În cazul acizilor tari și îngeneral al electroliților tari, legea acțiunii maselor nu poate fi aplicată, deoarece aceștia și în soluții destul de concentrate sînt aproape complet disociați, deci nu au constante de discociere, adică valoarea ei este $\geqslant 1$.

Constanta de bazicitate se introduce în mod analog ca și constanta de aciditate. În acest scop se va exprima constanta de echilibru a procesului protolitic:

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + HO^-$$

$$K = \frac{[NH_4^+]\,[HO^-]}{[NH_3]\,[H_2O]} \tag{11}$$

Dacă $[H_2O]$ = constant, poas fi înglobată în K, cînd se obține constanta de bazicitate notatl cu K_b:

$$K\,[H_2O] = K_b = \frac{[NH_4^+]\,[HO^-]}{[NH_3]} \tag{12}$$

În acest caz K_b este identică cu constanta de disociere electrolitică a procesului următor:

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + HO^-$$

Într-un caz general, în care baza se notează cu A^- procesul de transfer de protoni poate fi scris în felul următor:

$$A^- + H_2O \rightleftharpoons HA + HO^-$$

iar constanta de echilibru:

$$K = \frac{[HA\ [HO^-]}{[A^-]\,[H_2O]} \tag{13}$$

În soluții diluate, cînd $[H_2O]$ = constant:

$$K_b = \frac{[HA]\,[HO^-]}{[A^-]} \tag{14}$$

Scanned with OKEN Scanner

Se poate constata că constanta de echilibru a proceselor protolitice ale bazelor (după înmulţire cu concentraţia solventului), de asemenea corespunde cu constanta de disociere.

Constanta de disociere poate fi exprimată cu ajutorul gradului de ionizare (disociere) α. Luînd un caz general, în care substanţa BA se disociază conform reacţie :

$$BA \rightleftharpoons B^+ + A^-$$

pentru care constanta de disociere se scrie astfel :

$$K_d = \frac{[B^+]\,[A^-]}{[BA]} \qquad (15)$$

Concentraţiile care figurează în constanta de disociere vor avea următoarele valor :

$[B^+] = \alpha \cdot c$; $[A^-] = \alpha \cdot c$; $[BA] = (1 - \alpha)c$ unde cu c s-a notat concentraţia molară a substanţei BA, adică a electrolitului. Înlocuind aceste valori în expresia (15), se obţine relaţia cunoscută sub numele de *legea de diluţie* :

$$K_d = \frac{\alpha^2 \cdot c}{1 - \alpha} \qquad (16)$$

Deci între constanta de disociere şi gradul de ionizare există o legătură strînsă.

În funcţie de valoarea constantei de disociere, respectiv de aciditate şi bazicitate, acizii şi bazele se împart în mod arbitrar în patru grupe aşa cum rezultă din tabelul de mai jos :

Tăria acidului sau bazei	Valoarea pt. K_a sau K_b	Valoarea pt. α	Concentr. soluţiei
Acizi şi baze tari	>1	$\simeq 1$	0,1 *n*
Acizi şi baze de tărie mijlocie	$1-10^{-3}$	1—0,1	0,1 *n*
Acizi slabi, baze slabe	$10^{-3}-10^{-7}$	0,1—0,001	0,1 *n*
Acizi foarte slabi, baze foarte slabe	$<10^{-7}$	$<0,001$	0,1 *n*

În continuare se vor da elevilor pentru exersarea celor discutate cîteva întrebări şi exerciţii, după cum urmează :

a) Care dintre acizii, cel clorhidric sau acetic este acidul mai tare? Motivaţi răspunsul.

b) Arătaţi şi motivaţi care dintre următoarele baze sînt mai tari :

HCO_3^- sau CH_3-COO^-

HCO_3^- sau CO_3^{2-}

Scanned with OKEN Scanner

c) Care este valoarea constantei de aciditate într-o soluție acidă 0,1 n dacă moleculele sînt ionizate în proporție de 1,4%?

Rezolvare: $\alpha = 1{,}4/100 = 0{,}014$; $K_a = \frac{(0{,}014)^2\, 0{,}1}{1 - 0{,}014} = 1{,}96 \cdot 10^{-5}$ sau $K_a = (0{,}014)^2 \cdot 0{,}1 = 1{,}96 \cdot 10^{-5}$

d) Să se calculeze constantele de aciditatele ale acizilor care în soluții 0,1 și 0,2, molar sînt ionizați în proporție de 90%, 50% și 1%. Să se clasifice acești acizi în funcție de tăria lor.

e) Un acid monobazic în soluție 0,1 *n* ionizează în proporție de 1,4%. Dacă concentrația se modifică la 0,01 *n*, gradul de ionizare crește la 14%. Cum variază valoarea lui K_a în urma diluției?

f) Care este gradul de ionizare a amoniacului în soluții 0,1 *n* dacă constanta de bazicitate este $1{,}87 \cdot 10^{-5}$?

3.14. Hidroliza sărurilor

În vederea asigurării condițiilor optime pentru introducerea noțiunii de hidroliza sărilor, se va verifica cunoștințele elevilor despre tăria acizilor și bazelor. Tot în acest scop, printr-o conversație cu elevii, se împrospătează următoarele cunoștințe: caracterul acid și caracterul bazic al unei soluții apoase și modalitatea de identificare a acesteia cu ajutorul indicatorilor; noțiunea de sare, formarea și componența sărurilor sub raportul proveniență lor de la acizi tari și slabi, respectiv baze tari și baze slabe. Folosind cunoștințele elevilor despre formarea unor tipuri de săruri prin reacția de neutralizare, se va cere completarea prin muncă independentă a următorului tabel:

Săruri provenite din:			
bază tare + acid tare	bază tare + acid slab	bază slabă + acid tare	bază slabă + acid slab

În cazul cînd elevii nu vor da exemple suficiente și cele mai potrivite, profesorul va contribui la completarea tabelului.

Pentru crearea unei situații problematizate, elevii vor verifica prin experiențe frontale caracterul soluțiilor apoase ale sărurilor cuprinse în tabelul de mai jos, folosind indicator adecvat (de ex. hîrtie sau soluție de turnesol) și vor completa tabelul pe baza observațiilor făcute.

Sarea	Caracterul chimic al soluției	Sarea	Caracterul chimic al soluției
$NaCl$ KNO_3 $CH_3-COONa$ Na_2CO_3		NH_4Cl $(NH_4)_2SO_4$ $(NH_4)_2CO_3$ $CH_3-COONH_4$	

Scanned with OKEN Scanner

Se formulează concluzia că soluţia apoasă a sărurilor poate avea caracter neutru, slab acid sau slab bazic. Se ridică astfel problema lămuririi cauzei care determină caracterul chimic diferit al soluţiilor cercetate. În acest scop se va analiza mai întîi soluţia de Na_2CO_3, care prezintă caracter bazic. Se va pune întrebarea : Care sînt ionii prezenţi în soluţia apoasă de Na_2CO_3, luînd în considerare şi ionizarea apei?

După un răspuns corect, se cere elevilor să stabilească care dintre raporturile de mai jos sînt valabile în cazul soluţiei cercetate, cunoscînd faptul că caracterul chimic al unei soluţii este determinat de raportul dintre $[H_3O^+]$ şi $[HO^-]$:

a) $[H_3O^+] > [HO^-]$

b) $[H_3O^+] < [HO^-]$

c) $[H_3O^+] = [HO^-]$

După stabilirea răspunsului corect, se pune următoarea întrebare : Ce determină concentraţia mai mare a ionilor HO^- în soluţie?

Pentru a da un răspuns corect la această întrebare, se va evidenţia cu ajutorul elevilor că trebuie să aibă loc o reacţie chimică între Na_2CO_3 şi moleculele de apă. În continuare se cere elevilor scrierea ecuaţiei acestei reacţii :

$$2Na^+CO_3^{2-} + 2H_2O \rightleftharpoons 2Na^+ + 2OH^- + H_2CO_3$$

Eliminînd ionii care apar în ambele părţi ale ecuaţiei :

$$CO_3^{2-} + 2H_2O \rightleftharpoons 2HO^- + H_2CO_3$$

rezultă că reacţia are loc de fapt între ionii CO_3^{2-}, acceptor de protoni, baza conjugată a unui acid foarte slab şi moleculele de apă.

Din ecuaţia reacţiei rezultă că în urma interacţiunii dintre sare şi apă se formează o bază tare, HO^- (respectiv NaOH, total ionizat) şi un acid slab, H_2CO_3 foarte puţin ionizat. Astfel, în soluţie concentraţia ionilor HO^- creşte, ceea ce cauzează deplasarea echilibrului şi mai mult spre stînga în reacţia de ionizare a apei :

$$2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HO^-$$

deoarece produsul concentraţiilor ionilor trebuie să rămînă constantă, adică $K_{H_2O} = 10^{-14}$. Deci $[HO^-] > [H_3O^+]$

Pe baza reacţiei de mai sus, se va defini că reacţia care are loc între ionii unei sări şi molecule de apă, se numeşte *reacţie de hidroliză*. În cazul altor solvenţi, fenomenul se numeşte *solvoliză*. Aceasta este o reacţie reversibilă şi este opusul reacţiei de neutralizare.

În vederea generalizării noţiunii de hidroliză, se va cere elevilor să scrie ecuaţia reacţiei de hidroliză a $CH_3—COONa$:

$$CH_3—COO^-Na^+ + H_2O \rightleftharpoons Na^+ + HO^- + CH_3—COH,$$

respectiv

$$CH_3—COO^- + H_2O \rightleftharpoons HO^- + CH_3—COOH.$$

Scanned with OKEN Scanner

Deci în acest caz ionul acetat este cel care reacţionează cu apa acesta fiind baza conjugată a acidului acetic.

Subliniind că în ambele cazuri s-a produs hidroliza unei sări provenită de la o bază tare (NaOH) şi un acid slab (H_2CO_3, respectiv CH_3-COOH), se poate generaliza că sărurile provenite de la o bază tare şi acid slab produc hidroliză bazică. Reacţia în cazul general, cînd se notează sarea cu BA, se poate scrie astfel:

$$B^+A^- + H_2O \rightleftharpoons B^+ + HO^- + HA,$$

respectiv

$$A^- + H_2O \rightleftharpoons HO^- + HA \qquad (1)$$

În continuare se va analiza prin analogie, comportarea soluţiei apoase de NH_4Cl. Elevii au constatat că soluţia de NH_4Cl are caracter acid, deci în soluţie $[H_3O^+] \geqslant [HO^-]$. Pentru a motiva acest fenomen, se cere elevilor să scrie ecuaţia reacţiei care are loc între NH_4Cl şi H_2O:

$$NH_4^+Cl^- + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^- + NH_3,$$

respectiv

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NH_3$$

Bazat pe această reacţie, se constată că în urma reacţiei de hidroliză între ionul NH_4^+, care este acidul conjugat a unei baze slabe (NH_3), şi apă, s-a format un acid tare (HCl), puternic ionizat şi o bază slabă (NH_3), slab ionizată. Astfel, în soluţie concentraţia ionilor H_3O^+ creşte, ceea ce duce la modificarea echilibrului reacţiei:

$$2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HO^-$$

care şi în acest caz va fi mult deplasat spre stînga. Prin urmare, concentraţia ionilor H_3O^+ va fi mai mare în soluţie decît cea a ionilor HO^-, adică $[H_3O^+] > [HO^-]$. Deci soluţia este acidă.

După ce se discută prin analogie şi hidroliza $(NH_4)_2SO_4$, se va generaliza că, sărurile provenite de la o bază slabă (de ex. NH_3) şi un acid tare (HCl, respectiv H_2SO_4) suferă hidroliză acidă. Reacţia în mod general poate fi scrisă astfel:

$$B^+A^- + 2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^- + BOH,$$

respectiv

$$B^+ + 2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + BOH. \qquad (2)$$

Din experienţele efectuate de elevi a rezultat că soluţia de acetat de amoniu este neutră, iar cea de carbonat de amoniu este slab bazică, cu toate că ambele săruri provin de la un acid slab (CH_3-COOH, res-

Scanned with OKEN Scanner

pectiv H_2CO_3) și o bază slabă (NH_3). Pentru a lămuri cele constatate de elevi, se va cere să se scrie ecuația reacțiilor de hidroliză a acestor săruri :

$$CH_3-COO^-NH_4^+ + 2H_2O \rightleftharpoons CH_3-COOH + NH_3 + H_3O^+ + HO^-$$

$$2NH_4^+CO_3^{2-} + 2H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + 2NH_3 + H_3O^+ + HO^-$$

Din ambele ecuații rezultă că s-a format acidul slab și baza slabă din care au fost formate sărurile. În prima reacție s-a format însă un acid slab care este ionizat în aceeași măsură ca și baza slabă rezultată la hidroliză, deci tăria lor este practic identică, iar concentrația ionilor H_3O^+ și HO^- este determinată numai de ionizarea apei, adică $[H_3O]^+ = [HO^-]$, astfel soluția este neutră.

În cazul hidrolizei carbonatului de amoniu, acidul slab care s-a format, ionizează mai puțin decît baza slabă rezultată la hidroliză, deci tăria acidului este mai redusă decît a bazei, din care motiv, în afara ionilor H_3O^+ și HO^-, proveniți de la ionizatea apei, se formează în urma hidrolizei și o cantitate oarecare de ioni HO^-. Acesta atrage după sine micșorarea concentrației ionilor H_3O^+, astfel $[HO^-] > [H_3O^+]$, deci soluția va fi foarte slab bazică.

Pe baza celor discutate se trage concluzia că și sărurile provenite de la acizi slabi și baze slabe hidrolizează, dar caracterul chimic al soluției este determinat de raportul dintre tăria acidului și a bazei care se formează în urma hidrolizei. Astfel, dacă tăria acidului și a bazei este identică, soluția are caracter neutru. În cazul cînd acidul este mai tare decît baza, soluția este slab acidă, iar cînd baza este mai tare decît acidul, soluția este slab bazică.

Reacția de hidroliză în forma generală poate fi scrisă astfel :

$$B^+A^- + H_2O \rightleftharpoons HA + BOH \qquad (3)$$

Mai rămîne de a se lămuri motivul pentru care soluțiile de NaCl și KNO_3 au caracter chimic neutru. În acest scop, se vor scrie ecuațiile reacțiilor :

$$Na^+Cl + 2H_2O \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- + H_3O^+ + HO^-$$

$$K^+NO_3^- + 2H_2O \rightleftharpoons K^+ + NO_3^- + H_3O^+ + HO^-$$

Din aceste reacții se constată că ionii H_3O^+ și HO^- rezultă numai din ionizarea apei, deci $[H_3O^+] = [HO^-]$, din care motiv soluția are caracter neutru. În urma acestei constatări se formulează concluzia că sărurile provenite de la un acid tare și o bază tare nu hidrolizează. La modul general această stare se poate reprezenta astfel :

$$B^+A^- + 2H_2O \rightleftharpoons B^+ + A^- + H_3O^+ + HO^- \qquad (4)$$

În cazul cînd elevii posedă cunoștințe despre echilibru chimic, legea acțiunii maselor și tăria acizilor și bazelor, hidroliza sărurilor poate fi

Scanned with OKEN Scanner

tratată în mod cantitativ. În acest scop, hidroliza sărurilor provenite de la acizi slabi și baze tari se va trata pe baza ecuației reacției (1), aplicînd legea acțiunii maselor, cînd se obține:

$$K = \frac{[HA]\,[HO^-]}{[A^-]\,[H_2O]} \tag{5}$$

Considerînd $[H_2O] = \text{const.}$ se înglobează în K și se obține:

$$K\,[H_2O] = K_h = \frac{[HA]\,[HO^-]}{[A^-]} \tag{6}$$

unde K_h este constanta de hidroliză.

Înmulțind atît numărătorul, cît și numitorul cu $[H_3O^+]$ ajungem la expresia:

$$K_h = \frac{[HA]\,[HO^-]\,[H_3O^+]}{[A^-]\,[H_3O^+]} \tag{7}$$

în care $[H_3O^+]\,[HO^-] = K_{H_2O}$, iar $\dfrac{[HA]}{[H_3O^+]\,[A^-]} = \dfrac{1}{K_a}$.

Înlocuind aceste expresii în relația (7) se obține:

$$K_h = \frac{K_{H_2O}}{K_a} \tag{8}$$

Din relația (8) se poate deduce că hidroliza unei sări provenită de la un acid slab și o bază tare este cu atît mai pronunțată, cu cît acidul este mai slab, adică valoarea lui K_a este mai mică.

În cazul sărurilor provenite de la un acid tare și o bază slabă, constanta de hidroliză se obține pornind de la ecuația reacției (2):

$$K = \frac{[BOH]\,[H_3O^+]}{[B^+]\,[H_2O]^2} \tag{9}$$

$$K\,[H_2O]^2 = K_h = \frac{[BOH]\,[H_3O^+]}{[B^+]} \tag{10}$$

După înmulțirea cu $[HO^-]$ atît numărătorului cît și numitorului în relația (10) se obține:

$$K_h = \frac{[BOH]\,[H_3O^+]\,[HO^-]}{[B^+]\,[HO^-]} \tag{11}$$

Scanned with OKEN Scanner

în care $[H_3O^+]\,[HO^-] = K_{H_2O}$ și $\dfrac{[BOH]}{[B^+]\,[HO^-]} = \dfrac{1}{K_b}$

După înlocuirea acestora în relația (11) obținem expresia :

$$K_h = \frac{K_{H_2O}}{K_b} \qquad (12)$$

Deci pe baza relației (12) se poate formula o concluzie asemănătoare cu cea precedentă și anume : hidroliza unei sări provenită de la un acid tare și o bază slabă este cu atît mai pronunțată, cu atît baza este mai slabă, adică K_b este mai mică.

Hidroliza sărurilor provenite de la acizi slabi și baze slabe se poate discuta pe baza ecuației reacției (3). Aplicînd legea acțiunii maselor și efectuînd înlocuirile corespunzătoare în mod analog cu cle precedente, se obține :

$$K_h = \frac{K_{H_2O}}{K_a \cdot K_b}$$

Pentru fixarea și sistematizarea cunoștințelor este indicat a se cere elevilor să completeze următoarele exerciții :

a) Sărurile provenite de la un acid tare și bază slabă (ex. :.....) dau prin hidroliză o soluție cu caracter .....

b) Sărurile provenite de la un acid slab și o bază tare (ex. :.....) dau prin hidroliză o soluție cu caracter.....

c) Sărurile provenite de la un acid slab și o bază slabă (ex. :.....) dau prin hidroliză o soluție cu caracter slab bazic cînd acidul este mai..... decît baza și soluția va avea un caracter slab acid atunci cînd baza este mai..... decît acidul, iar atunci cînd acidul slab și baza slabă care se formează în urma hidrolizei sînt de tărie....., soluția are un caracter neutru.

d) Sărurile provenite de la un acid tare și o bază tare (ex. :.....) hidrolizează în soluție.

OBSERVAȚII PRIVIND FOLOSIREA POLINOAMELOR LAGUERRE ÎN MECANICA CUANTICĂ

Cercetător științific *GORBĂNESCU GHEORGHE** Iași

Printre celelalte funcții speciale folosite de mecanica cuantică, polinoamele Laguerre ocupă un loc aparte.

Pentru tratarea acelorași probleme unii autori [3], [4], [6], [12], [13] folosesc un gen de polinoame pe care le numesc funcții Laguerre

* Centrul de Fizică Tehnică

asociate în timp ce alţii fac uz de nişte polinoame Laguerre generalizate numite ades plinoame Sonin.

Primul tip de polinoame a fost folosit mai întîi de către E. Scrödinger şi se găseşte şi acum în majoritatea cărţilor de mecanică cuantică. O bună prezentare matematică a acestor funcţii se găseşte în lucrările [1], [5] şi [6].

Polinoamele Sonin [2] descoperite aproape simultan cu polinoamele Laguerre se întîlnesc mai ales în cărţile scrise de unii autori sovietici [7], [8], [12].

Tratatele de funcţii speciale [9], [10] menţionează această deosebire dar în cărţile de mecanică cuantică ea nu este semnalată încît se pot ivi reale dificultăţi la studiul unor probleme de mecanică cuantică.

În cele ce urmează vom face o trecere în revistă a celor două moduri de tratare, ambele la fel de corecte.

Funcţia generatoare a polinoamelor Laguerre este [5], [8]

$$f(x, t) = \frac{e^{-\frac{tx}{1-t}}}{1-t}. \tag{1}$$

Dacă aceasta se dezvoltă în serie Mac-Laurin după puterile lui t, dă

$$f(x, t) = \sum_{m=0}^{\infty} L_m(x) \frac{t^m}{m!}, \tag{2}$$

unde

$$L^m(x) = \left(\frac{\partial^m f}{\partial t^m}\right)_{t=0} = e^x \frac{d^m}{dx^m}(x^m e^{-x}). \tag{3}$$

Înlocuind în (3) derivata după formula lui Leibnitz, se găsesc polinoamele Laguerre în reprezentarea:

$$L_m(x) = \sum_{j=0}^{m} (-1)^j \frac{(m!)^2 x^j}{(j!)^2 (m-j)!}. \tag{4}$$

Ecuaţia diferenţială a polinoamelor se obţine din relaţii de recurenţă; se derivează (1) în raport cu x şi t făcîndu-se apoi identificări după care se găseşte:

$$L'_m - mL'_{m-1} = -m L_{m-1} \tag{5}$$

$$L_{m+1} = (2m+1) L_m - x L_m - m^2 L_{m-1}. \tag{6}$$

Din (5) şi (6) rezultă

$$x L''_m + (1-x) L'_m + m L_m = 0 \tag{7}$$

Se deriyează de p ori ecuaţia (7) în raport cu variabila x şi se găseşte

$$x \frac{d^2 L_m^{(p)}}{dx^2} + (p+1-x) \frac{dL_m^{(p)}}{dx} + (m-p) L_m^{(p)} = 0. \tag{8}$$

Aici

$$L_m^{(p)} = \frac{d^p}{dx^p} L_m(x) = \frac{d^p}{dx^p}\left[e^x \frac{d^m}{dx^m}(x^m e^{-x}) \right]. \tag{9}$$

Dacă în (9) se înlocuiește $L_m(x)$ cu formula explicită (4) rezultă

$$L_m^{(p)} = \sum_{j=p}^{m} (-1)^j \frac{(m!)^2}{j!\,(m-j)!\,(j-p)!} x^{j-p}. \tag{10}$$

Dacă se notează $j - p = i$, atunci

$$L_m^{(p)} = \sum_{i=0}^{m-p=q} (-1)^{p+i} \frac{(p+q)!^2\, x^i}{(p+i)!\,(q-i)!\,i!} = L_{p+q}^{(p)} \tag{11}$$

a căror funcție generatoare este dată de

$$\frac{(-1)^p}{(-t)^{p+1}} e^{-\frac{tx}{1-t}} = \sum_{m=p}^{\infty} L_m^p \frac{t^{m-p}}{m!}. \tag{12}$$

Ecuația diferențială

$$x \frac{d^2 L_{p+q}^{(p)}}{dx^2} + (p+1-x) \frac{dL_{p+q}^{(p)}}{dx} + q\, L_{p+q}^{(p)} = 0, \tag{13}$$

are cele mai numeroase aplicații în mecanica cuantică.

În Uniunea Sovietică se preferă calea următoare: Se admite că funcția

$$F(x,t) = \frac{e^{-\frac{tx}{1-t}}}{(1-t)^{s+1}} = \sum_{k=0}^{\infty} L_k^s \frac{t^k}{k!} \tag{14}$$

generează prin dezvoltare în serie Mac Laurin polinoamele Laguerre generalizate L_k^s. Ca atare:

$$L_k^s = \left(\frac{\partial^k F}{\partial t^k} \right)_{t=0} = e^x x^{-s} \frac{d^k}{dx^k}(e^{-x} x^{k+s}). \tag{15}$$

Exprimînd derivata produsului de două funcții cu formula lui Leibnitz se găsește formula explicită

$$L_k^s = \sum_{j=0}^{q} (-1)^j \frac{k!\,(k+s)!}{j!\,(k-j)!\,(s+j)!} x^j. \tag{16}$$

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a obține ecuația diferențială a polinoamelor L_k^s se derivează (14) în raport cu t și x, apoi se fac identificări. Se obține:

$$L_{k+1}^s + (x - 2k - s - 1)\, L_k^s + k(k+s)\, L_{k-1}^s = 0 \tag{17}$$

$$\frac{dL_k^s}{dx} - k\frac{dL_{k-1}^s}{dx} + k\, L_{k-1}^s = 0. \tag{18}$$

Din relațiile de recurență (17) și (18) se găsește ecuația diferențială

$$x\frac{d^2L_k^s}{dx^2} + (s + 1 - x)\frac{dL_k^s}{dx} + k\, L_k^s = 0, \tag{19}$$

care se folosește în mecania cuantică.

Polinoamele Sonin se deosebesc de polinoamele Laguerre generalizate numai printr-un factor constant

$$S_k^s = \frac{1}{k!} L_k^s \cdot \tag{20}$$

Examinînd formele explicite (11) și (16) pentru $L_{p+q}^{(p)}$ și L_k^s se observă că între ele există relația

$$L_k^s = (-1)^s \frac{k!}{(k+s)!} L_{k+s}^{(s)}. \tag{21}$$

Totuși cînd se fac calcule concrete folosind polinoamele L_k^s sau $L_{p+q}^{(p)}$ putem ajunge mai repede sau mai greu la rezultat.

a) În mecanica cuantică polinoamele Laguerre intervin la rezolvarea ecuației radiale a electronului în cîmp central. Dacă se folosesc funcțiile din ecuația (13) soluția este:

$$R_{n,l} = \sqrt{\left(\frac{2Z}{n\,a_1}\right)^3 \frac{(n-l-1)!}{(n+l)!^3\, 2n}}\, e^{-\frac{x}{2}} x^l L_{n+l}^{(2l+1)}(x) \tag{22}$$

sau

$$R_{n,l} = \sqrt{\left(\frac{2Z}{na_1}\right)^3 \frac{1}{(n-l-1)!\,(n+l)!}}\, e^{-\frac{x}{2}} x^l L_{n-l-1}^{2l+1}(x) \tag{23}$$

dacă se face o comparație cu (19).

b) La rezolvarea ecuației lui Schrödinger în coordonate parabolice pentru un electron care se mișcă în cîmp central se ajunge prin separarea variabilelor la niște ecuații asemănătoare cu (13) sau (19). Și în acest caz se vor obține soluții diferite ca aspect;

$$\psi = \sqrt{\left(\frac{2Z}{na_1}\right)^3 \frac{q_1!\, q_2!}{(q_1 + |m|)!(q_2 + |m|)!\, n\pi}}\, e^{-\frac{\alpha+\beta}{2}} (\alpha\beta)^{\frac{|m|}{2}} L_{q_1+|m|}^{(|m|)}(\alpha) \cdot$$

$$\cdot L_{q_2+|m|}^{(|m|)}(\beta)\; e^{im\varphi} \tag{24}$$

Scanned with OKEN Scanner

sau

$$\psi = \sqrt{\left(\frac{2Z}{na_1}\right)^3 \frac{1}{k_1!\,k_2!\,(k_1+|m|)!\,(k_2+|m|)!\,n\pi}}\, e^{-\frac{\alpha+\beta}{2}} (\alpha\beta)^{\frac{|m|}{2}} L_{k_1}^{|m|}(\alpha) \cdot$$

$$\cdot L_{k_2}^{|m|}(\beta)\, e^{im\varphi}. \tag{25}$$

c) Teoria efectului Stark la hidrogen se face folosind calculul perturbaţiilor. Pentru aproximaţia de ordinul întîi este necesar să se ştie funcţia de undă a electronului în coordonate parabolice (24) sau (25). În acest caz rezultatul este dat de (26) şi (27). Energia electronului este :

$$E_n = -\frac{RZ^2}{n^2} + \frac{3eEa_1}{2Z} n (q_2 - q_1) \tag{26}$$

sau

$$E_n = -\frac{RZ^2}{n^2} + \frac{3eEa_1}{2Z} n (k_2 - k_1). \tag{27}$$

d) În diferite probleme de fizică este necesar să se ştie valoarea medie a operatorului r^ν, unde $\vec{r}$ este vectorul de poziţie al electronului atomului hidrogenoid, iar ν un număr întreg pozitiv sau negativ : Acest calcul se poate face conform legilor mecanicii cuantice folosind formula

$$\overline{r^\nu} = \int \psi^* \psi\, r^\nu d\tau = \int_0^\infty R^2\, r^{\nu+2}\, dr. \tag{28}$$

Integrale de acest tip mai apar la calculul constantei de normare a funcţiei radiale, la teoria efectului Stark la hidrogen şi în alte probleme, încît arătînd modul concret de efectuare a lor revenim oarecum asupra primelor chestiuni.

Integralele de forma (28) se reduc la

$$\int_0^\infty e^{-x}\, x^{2l+\nu+2} [L_{p+q}^{(p)}]^2\, dx \tag{29}$$

sau

$$\int_0^\infty e^{-x}\, x^{2l+\nu+2} [L_k^s]^2\, dx. \tag{30}$$

Ele se calculează înlocuind în $[L]^2$ un polinom cu formula diferenţială (9) sau (15) şi celălalt cu formula explicită (11) sau (16). Se integrează apoi prin părţi pînă la dispariţia derivatelor. Prin acest procedeu sînt mai comode polinoamele L_k^s, deoarece impun un singur transfer de derivată.

Bineînţeles că se pot înlocui ambele polinoame cu formula explicită şi în acest caz ambele tipuri de funcţii prezintă acelaşi grad de dificultate.

Scanned with OKEN Scanner

Va trebui însumat un produs de combinări și aceasta se face folosind teorema binomului factorial [14].

Cine efectuează calculele complete ale acestor patru probleme se poate convinge că mult mai comode sînt funcțiile L_k^s. Noi sîntem pentru folosirea cu precădere a acestor polinoame în mecanica cuantică.

BIBLIOGRAFIE

1. *Laguerre E.*: Bull. Soc. math. France, t. 1, 72—81, (1879).
2. *Sonin N. I.*: Math. Ann., t. 16, (1880).
3. *Schrodinger E.*: Abhandlungen zur Wellenmechanik, Leipzig, (1926).
4. *Waller I.*: Zts, f. Phys., b. 38, 635, (1926).
5. *Courant R., Hilbert D.*: Methoden der matematischen Physik, I, Berlin, (1924).
6. *Bethe H.*,: Handbuch der Physik, 2 Auflage, XXIV/I, 282, (1933).
7. *Lebedev N. N.*: Funcții speciale și aplicațiile lor, Editura Tehnică, București, (1957).
8. *Tihonov A. N. Samarski A. A.*: Ecuațiile fizicii matematice, Editura Tehnică, București, (1956)..
9. *Magnus W., Oberhetinger F., Soni R. P.*: Formulas and theorems for special functions of mathematical physics, Springer Verlag, Berlin, (1966).
10. *Rijik I. M., Gradstein I. I.*: Tabele de integrale, sume, serii și produse, Editura Tehnică, București, (1955).
11. *Sokolov A. A., Loskutov I. M., Ternov I. M.*: Kvantovaia mehanica, vîp. 2, Moskva, (1965).
12. *Schiff L.* : Quantum Mechanics, sec. ed., McGraw-Hill Book Company, New-York, (1955).
13. *Landau L. D., Lifșiț E. M.*: Mecanica cuantică, Editura Tehnică, București, (1965).
14. *Iaglom A. M., Iaglom I. M.*: Probleme neelementare tratate elementar, 165, Editura Tehnică, (1962).

LEGAREA TEORIEI DE PRACTICA ÎN PROCESUL DE PREDARE-ÎNVĂȚARE A POLIMERILOR

Prof. *NEAMȚU MARIANA*, Cluj-Nypoca

În mersul ei ascendent către culmi tot mai înalte de progres în toate sferele vieții economico-sociale, societatea noastră socialistă are nevoie de oameni temeinic pregătiți, cu solide cunoștințe științifice și tehnice în domeniul lor de activitate, capabili să gîndească și să acționeze în mod creator, cu spirit de responsabilitate socială și comportare morală înaintată. În acest sens, școala are de îndeplinit un rol de primă importanță în formarea tinerei generații, în pregătirea ei pentru viață, pentru munca productivă. Tocmai de aceea, *strînsa legătură cu activitatea practică*, cu cerințele obiective mereu mai ample și mai diversificate, determinate de avîntul neîntrerupt al științei și tehnicii, de evoluția rapidă a cunoașterii umane, este înscrisă ca *principiu călăuzitor*, *fundamental*, al școlii în Legea învățămîntului.

Necesitatea unei strînse legături între școală și munca productivă a fost subliniată în repetate rînduri în documentele de partid și de stat. Încă de la Congresul al IX-lea al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu arăta : „O sarcină primordială care se ridică în prezent în fața învățămîntului de toate gradele o constituie asigurarea unei strînse legături între școală și viață, între școală și nevoile practicii". Din lucrările celui de al

XII-lea Congres al partidului a reeşit şi mai pregnant rolul deosebit de important al acestui principiu călăuzitor al instrucţiei şi educaţiei în învăţămîntul nostru.

Pentru traducerea în viaţă a acestei importante sarcini, fără îndoială că trebuie avut învedere faptul că fiecare categorie de şcoală are specificul său, particularităţile sale. Dar, în afară de aceste deosebiri, toate categoriile de şcoli au o caracteristică comună, definitorie, aceea de a instrui şi educa tînăra generaţie în spiritul atitudinii comuniste faţă de muncă, de a o pregăti pentru munca în producţie, pentru viaţă. Astfel, din punctul de vedere al scopului şi idealului pe care îl slujeşte şcoala, al menirii ei, şcoala este una singură, realizată pe diferite trepte, orice treaptă de învăţămînt fiind urmată de posibilitatea încadrării imediate în activitatea profesională sau de continuarea instruirii pe treapta următoare.

Din această concepţie pusă la baza întregului nostru sistem de învăţămînt, rezultă că pregătirea tineretului în şcoală trebuie călăuzită permanent de *principiul unităţii şi interacţiunii* dintre diferitele trepte de învăţămînt, al respectării stricte a *cerinţelor de corelare şi de continuitate* între aceste tipuri şi grade de învăţămînt. În acelaşi timp, aceasta presupune *o strînsă colaborare între profesori şi maiştri instructori*, ;pe de o parte, între aceştia şi *întreprinderile productive*, pe de altă parte, încît toţi aceşti factori să alcătuiască *un tot unitar*, care să contribuie la familiarizarea tineretului şcolar cu cele mai noi realizări al ştiinţei şi tehnicii moderne, să-i asigure o temeinică pregătire profesională teoretică şi practică.

Un rol deosebit de important în acest sens revine intensificării însuşirii de către elevi a disciplinelor fundamentale : matematica, fizica, chimia şi biologia. Totodată, intensificarea însuşirii disciplinelor de specialitate şi o mai bună organizare a instruirii practice în producţie constituie premisele de bază realizării politehnizării învăţămîntului, ale policalificării şi pregătirii în profile largi ale elevilor, cerinţe obiective puse în faţa învăţămîntului de dezvoltarea vertiginoasă a ştiinţei şi tehnicii moderne.

Legarea învăţămîntului de activitatea practică, de viaţă, deschide astfel largi perspective muncii instructiv-educative. De aceea, ea reprezintă o problemă de mare actualitate. Problematica acesteia fiind însă deosebit de vastă şi complexă, lucrarea noastră se limitează asupra unei probleme despre care deşi se discută mult este puţin finalizată în literatura de specialitate. Fără îndoială că nici lucrarea de faţă nu şi-a propus să soluţioneze toate problemele pe care le ridică această complexă temă, care de fapt ar necesita un studiu pluridisciplinar. Lucrarea noastră încearcă să aducă o contribuţie oricît de modestă, la sporirea eficienţei şi randamentului procesului de predare-învăţare a chimiei, pe baza cercetării realităţilor şcolare şi a valorificării experienţei didactice a autoarei şi a unor colegi cu care a colaborat.

În căutarea unor procedee metodice care să ducă la realizarea unor mai bune legături reciproce între chimie, pe de o parte, obiectele de specialitate şi activitatea practică a elevilor, pe de altă parte, în anul şcolar 1978—1979 am intreprins *un experiment*, privind creşterea eficienţei corelării chimiei — capitolul Polimeri, cu obiectele de specialitate : teh-

Scanned with OKEN Scanner

nologia materialelor de construcții, tehnologia prefabricatelor din beton și beton armat, tehnologia lianților și azbocimentului, precum și cu instruirea practică.

Metodica cercetării

Cercetarea s-a efectuat în cadrul Liceului industrial nr. 6 cu profil construcții din Cluj-Napoca. Pentru aplicarea măsurilor experimentale s-au ales clasele X G cu un efectiv de 33 elevi și XII B cu un efectiv de 31 elevi, cu specialitatea materiale de construcții. Am stabilit aceste clase întrucît profilul lor — operatori în industria materialelor de construcții — oferă bune posibilități de legare a cunoștințelor de chimie organică de cele de la obiectele de specialitate și de activitatea practică.

Am ales o metodică de cercetare adecvată posibilităților pe care le oferă condițiile concrete din școala în care lucrez, precum și din intreprinderile unde elevii își desfășoară activitatea practică de producție.

Am plecat de la *ipoteza* că actualele forme de legare a teoriei de practică sînt necesare și aplicabile în condițiile concrete ale desfășurării procesului de învățămînt.

Ca metode de investigație am utilizat : *observația* la clasă, în laborator, la practică, *convorbirea* cu profesorii școlii și coordonatorii de practică precum și cu elevii ; *chestionarul*, *analiza unor documente școlare privind rezultatele activității elevilor*, *lecții experimentale* însoțite de *probe de control* pentru verificarea rezultatelor (*teste*).

Desfășurarea experimentului

În scopul atingerii obiectivului fixat, problema care ne-a interesat în primul rînd a fost de a vedea în ce măsură profesorii colegi de la disciplinele de specialitate au inclus în planificările calendaristice întocmite, legăturile necesare la fiecare temă în parte și modul în care ele vor fi realizate. Am considerat că este necesar să dau o atenție deosebită *elaborării unor planuri de corelare*, în strînsă colaborare cu colegii de la disciplinele de specialitate și de la practica în producție deoarece un asemenea document îndeplinește un *rol esențial* în procesul realizării legăturii între teorie și practică.

În cele ce urmează prezentăm un plan de corelare între obiectul chimie și tehnologia materialelor de construcții-obiect de specialitate al clasei a X-a G.

Plan de corelare

Tehnologia materiaelor de construcții	Chimie
Capitole care solicită cunoștințe de chimie	Cunoștințe de chimie necesare
Materii prime naturale utilizate în industria materialelor de construcții	Proprietățile fizice și chimize ale Ca și compușilor lui.

a) calcare, gips, marne, dolomita.	Carbonaţii
b) argile, agregate, tras	Siliciu, proprietăţi fizice şi chimice. Structură. Silicaţii.
c) caolin, bentonite, alumina, feldspaţi, bauxite.	Proprietăţile fizice şi chimice ale aluminiului .Compuşii.
Materii prime din deşeuri industriale şi semifabricate	
a) zgură de furnal	Obţinerea fontei şi oţelului. Reacţii în furnalul înalt.
b) cenuşă de termocentrală	Reacţii de oxido-reducere
c) cenuşă ce pirită	
d) şamotă	
Var şi ipsos	Compuşii calciului
Ciment	Reacţii de hidratare-hidroliză
	Reacţii exoterme şi endoterme
Betoane	Proprietăţile fierului
	Polimeri-proprietăţi
Sticlă, geamuri, produse ceramice	Siliciu-proprietăţi, structură.
	Silicaţi. *Polimeri.*
Materiale hidroizolante folosite în construcţii.	Sisteme disperse. Fibre naturale şi sintetice. *Polimeri.*
Materiale termo- şi fonoizolante utilizate în construcţii.	Silicaţii naturali. Celuloză. *Mase plastice.* Fibre naturale şi sintetice.
Materiale plastice armate cu fibre de sticlă.	Silicaţii naturali. *Polimeri.* Catalizatori.

Dăm mai jos spre exemplificare un alt plan de corelare *între chimie şi tehnologia prefabricatelor din beton şi beton armat* — obiect de specialitate al clasei a XII-a B.

Plan de corelare

Tehnologia prefabricatelor din beton şi beton armat.	Chimie
Capitole care solicită cunoştinţe de chimie.	Cunoştinţe de chimie necesare.
Accelerarea întăririi betonului prin adaosori chimice.	Proprietăţile $CaCl_2$.
Tehnologia de fabricare a betoanelor uşoare	
a) expandarea	Reacţii chimice între var-ciment şi pulberea de Al. *Polimeri expandaţi.*
b) priza betonului	Reacţii chimice care provoacă priza Călduri de reacţie.
c) armături	Coroziunea matalelor. *Protecţia împotriva coroziunii.*
Tehnologia de fabricare a elementelor prefabricate	

Scanned with OKEN Scanner

a) plăci termo- şi fonoizolatoare. b) planouri mari cu mai multe straturi (structuri sandwich.) c) cofraje	Silicaţi naturali. *Mase plastice-Polimeri* (polistiren, PVC, poli. esteri). *Polimeri* (polistiren)
Controlul materiilor prime în producţia elementelor prefabricate din beton, beton armat şi beton precomprimat	
a) ciment	Calciu şi compuşii. Aluminiu-activitate. Magneziu şi compuşii.
b) apa	Apa
c) oţeluri	Oţeluri
d) nisip	Silicaţi naturali. Na_2O şi KO_2
e) cenuşa	SO_2 şi SiO_2
f) soluţie anticorozivă	Ciment-latex. Bitum-asflat.

Plecînd de la planurile de corelare elaborate, am organizat predarea cap. „Polimeri" la clasele X G şi XII B într-un sistem de lecţii experimentale, pornind de la cunoştinţele de specialitate ale elevilor, de la experienţa practică a acestora.

Una din lecţii „Materiale de construcţii din polimeri" s-a bazat pe cunoştinţele dobîndite de elevi la tehnologia prefabricatelor din beton şi beton armat şi la practica productivă, avînd ca scop dezvoltarea capacităţii de transfer a cunoştinţelor şi a flexibilităţii gîndirii elevilor.

Au fost analizate pe rînd materialele de construcţii din polimeri, explicînd din punct de vedere chimic proprietăţile lor. Am pus accent pe explicarea modului de obţinere a panourilor sandwich şi a batoanelor cu polimeri, materiale atît de întrebuinţate în tehnica modernă de construcţie.

Panourile sandwich se obţin din perle de polistiren dispuse între suprafeţe adezive, consolidate exterior (în general cu beton). Aburul se introduce prin tuburi metalice perforate şi în afara rolului de agent de expandare activează şi adezivul.

Betoanele cu polimeri sînt superioare celor cu ciment, datorită proprietăţilor ce le imprimă polimerii. Emulsia de polimer acoperă particulele de ciment care se hidratează pe baz apei din emulsie. Noile formaţiuni cristaline vor fi înconjurate de pelicula de polimer formată. Ele sînt deci legate de o punte asemănătoare unei membrane elastice formate din polimeri. Structura cristalină este prezentată din polimer, în care sînt dispersate noile formaţiuni cristaline ale cimentului întărit. Deci polimerul participă efectiv la formarea noului material, influenţînd proprietăţile acestuia. Pe baza proprietăţilor conferite de polimeri betoanelor, s-au scos în evidenţă calităţile acestora.

Vizita la „Intreprinderea de materiale de construcţii" Turda, a avut ca scop lărgirea orizontului intelectual prin dezvoltarea spiritului de observare şi asociere de cunoştinţe. Intreprinderea de materiale de construcţii are 2 fabrici : — fabrica de mase plastice şi fabrica de prefabricate. Elevii clasei XII-B au urmărit procesele tehnologice de ansamblu din cadrul intreprinderii şi analizele de laborator. Au cunoscut îndeaproape felul în care se prelicrează pasta şi procedeele tehnologice de obţi-

nere a materialelor de construcţii din polimeri (tapete, covoare, tuburi, ţevi, dale, etc.).

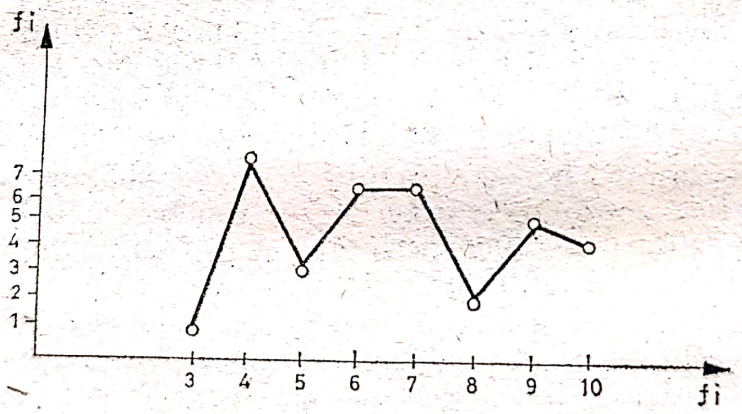
De asemenea, elevilor li s-au dat explicaţii referitoare la tipurile de armături din prefabricate, protejarea acestora cu latexuri de cauciuc şi fixarea betonului prin centrifugare.

Discutînd cu elevii, pe marginea vizitei s-a confirmat deplina unitate între cunoştinţele de chimie şi specificul meseriri elevilor. Totodată, elevilor şi s-a întărit convingerea că cele studiate în şcoală concordă perfect cu problemele ridicate de practică, de producţie, că cele studiate au largi aplicaţii practice.

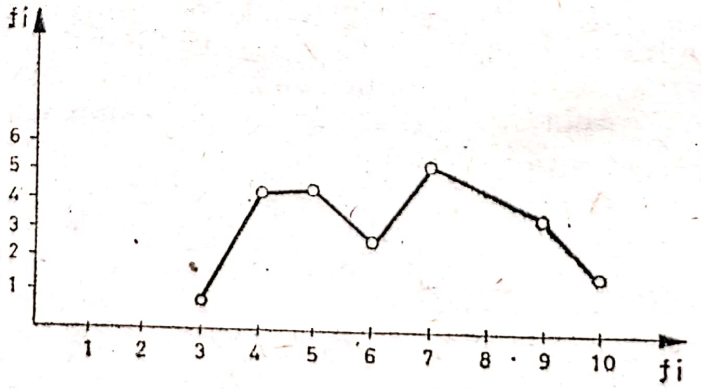
Prezentarea rezultatelor

Eficienţa metodelor folosite în realizarea legăturii între teorie şi practică am stabilit-o analizînd rezultatele obţinute de elevi cu ocazia testărilor aplicate periodic.

La începutul experimentului am dat elevilor celor două clase cîte un *test iniţial* pentru aprecierea măsurii în care elevii stăpînesc cunoştinţele de chimie organică şi pentru aprecierea măsurii în care ei pot face precizări suplimentare asupra aplicării în practică a fenomenelor chimice întîlnite; totodată în evaluarea eficienţei metodelor de corelare interdisciplinară folosite. Răspunsurile au fost notate şi se prezintă în interpretare grafică, astfel:

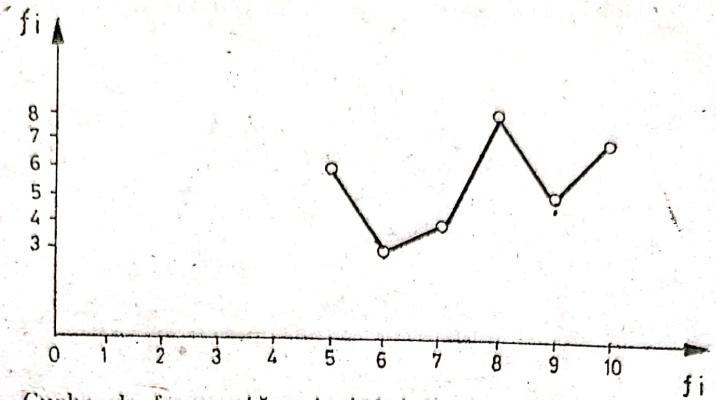


Curba de frecvenţă a testului iniţial aplicat clasei X G

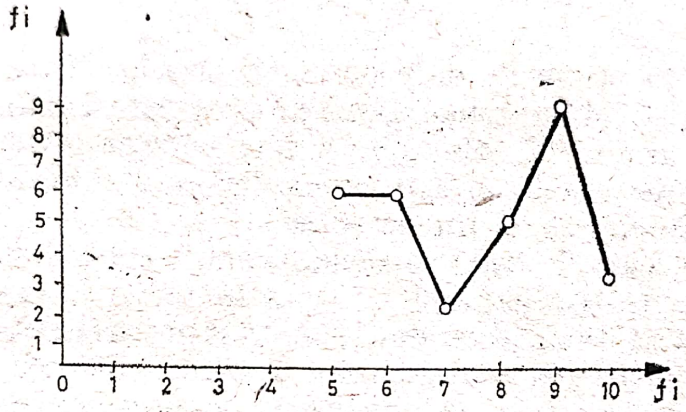


Curba de frecvenţă a testului iniţial aplicat clasei XII B

Scanned with OKEN Scanner



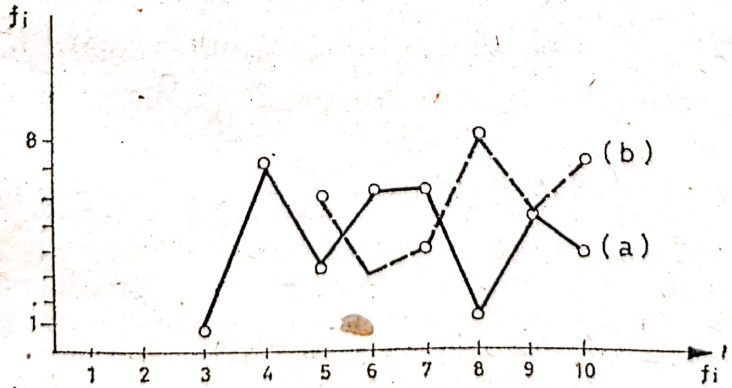
Curba de frecvență a testului final aplicat clasei X G



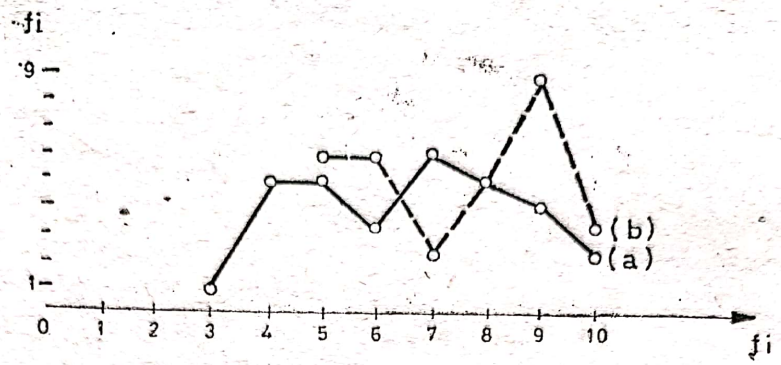
Curba de frecvență a testului final aplicat clasei XII B

Datele preliminare obținute prin aplicarea testelor, au scos în evidență faptul că noțiunile teoretice de chimie, cunoștințele tehnologice și rezultatele activității practice rămîn într-o anumită măsură exterioare unele față de altele, dacă această corelație nu formează obiectul unei prelucrări active (de exemplu prin lecții).

Rezultatele lecțiilor experimentale au fost apreciate prin *teste curente* și *finale*. Testele au avut drept scop verificarea gradului de înțelegere a fenomenului de polimerizare, *dar mai ales dacă de la nivelul înțelegerii s-a ajuns la nivelul aplicării lui în practică*. De aceea, pe cît posibil, elevii au fost puși în situații deosebite de cele întîlnite în timpul însușirii cunoștințelor, dar întîlnite totuși în decursul anilor de studiu la tehnologie și instruirea practică.



Compararea curbelor de frecvență ale testului inițial și final aplicat la clasa X G.



Compararea curbelor de frecvență ale testului inițial și final aplicat la clasa XII B.

Comparînd răspunsurile date de elevii claselor luate în experiment la testele inițial și final, se remarcă un progres net al majorității, atît în ceea ce privește gradul de înțelegere a fenomenelor cît și a posibilității de aplicare a acestora. Acest progres se explică prin valorificarea experienței practice, a elevilor în cadrul lecțiilor.

După o perioadă de două săpătmîni, elevii celor două clase experimentale au fost puși în situația de a răspunde din nou la unele întrebări formulate în testul final. Aceasta, în scopul de a evidenția superioritatea metodelor folosite în realizarea unei legături eficiente între cunoștințele de chimie și cunoștințele de tehnologie și practică, pe de o parte, de a dovedi trăinicia cunoștințelor pe de altă parte.

*

Pentru a vedea modul în care cunoștințele de chimie dobîndite de elevi contribuie la explicarea științifică a proceselor tehnologice întîlnite la disciplinele de specialitate, s-a aplicat cîte un test de verificare la tehnologia materialelor de construcții clasei X G și la tehnologia prefabricatelor din beton și beton armat clasei XII B.

Pe baza notelor obținute de elevi la aceste verificări am putut să calculez coeficientul de corelație folosind metoda Spearman.

Pentru calculul coeficientului de corelăție am folosit formula:

$$P = 1 - \frac{6\ d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Înlocuind în formulă datele, am obținut următoarele rezultate:

— pentru clasa X G $\quad P = 1 - \dfrac{6 \times 42}{33(33 - 1)} = 0{,}99$

— pentru clasa XII B $\quad P = 1 - \dfrac{1 \times 33}{31(31^2 - 1)} = 0{,}992$

Valorile apropiate de 1 ale coeficienților de corelație dovedesc că:

— întfe obiectele supuse cercetării se poate face o bună corelație, deoarece chimia stă la baza însușirii numeroaselor cunoștințe de specialitate tehnică;

— corelarea reciprocă influențează pozitiv randamentul activității școlare.

Concluzii și propuneri

1. În condițiile actuale, realitatea arată necesitatea și posibilitatea dezvoltării creatoare a actualelor forme de legare a cunoștințelor de chimie cu cunoștințele practice de specialitate. Investigațiile noastre privind modalitățile metodice de îmbinare a instruirii cu munca productivă confirmă pe deplin justețea acestei teze. Munca ce se desfășoară pe baza unor cunoștințe științifice devine conștientă iar conținutul ei politehnic se îmbogățește. Instrucția care se realizează în strînsă legătură cu munca practică, face ca însăși cunoștințele elevilor să fie mai vii, mai concrete, mai adînci, mai eficiente. Pentru realizarea acestui obiectiv, firește, se cer îndeplinite anumite condiții esențiale :

— asigurarea unei baze tehnico-materiale moderne (ateliere, laboratoare) dotate cu aparatură de tip nou, astfel încît să se poată suda teoria cu practica ;

— profesorii și maiștrii instructori cu nivel tehnico-științific și pedagogic ridicat (baza didactică) ;

— colaborare permanentă între profesorii ingineri și profesorii de discipline realist-științifice (baza colaborării metodice).

2. Legătura dintre cunoștințele teoretice și munca practică este folositoare numai atunci cînd aceasta nu se realizează în mod artificial, forțat, ci în mod organic, ținînd seama că ele se întrepătrund, păstrîndu-și totodată și sistemul caracteristic fiecăruia.

3. Stabilirea judicioasă a unei *planificări calendaristice și de corelare interdisciplinară* constituie prima cale de realizare a unei legături științifice a cunoștințelor de chimie cu practica, cu viața. Evident, întocmirea unui asemenea instrument metodic care să asigure stabilirea acestor legături nu este o problemă ușoară, ea cerînd din partea profesorului de chimie cunoașterea programelor obiectelor de specialitate și de instruire practică. Pe de altă parte, profesorii de la obiectele de cultură tehnică generală și de specialitate și maiștri instructori trebuie de asemenea să cunoască programele și manualele după care elevii studiată obiectele de cultură științifică de bază — în cazul de față chimia — pentru a putea folosi pe scară largă cunoștințele însușite de elevi la aceste obiecte în vederea aplicării lor în procesul muncii practice.

4. Concepînd și aplicînd predarea-învățarea chimiei printr-un *sistem de activități didactice* (lecții, lucrări de laborator, vizite în întreprinderi și pe șantiere, activități în cercuri de elevi, etc.), bazate pe munca independentă sau în grup a elevilor, de experimentare-cercetare, de analiză, interpretare și „descoperire" a adevărurilor științifice, profesorul asigură conștientizarea, înțelegerea și asimilarea temeinică a cunoștințelor de către elevi, capacitatea de a le aplica în mod creator în condițiile de producție.

5. Folosirea în cadrul lecțiilor de chimie a *experienței acumulate de elevi în producție*, precum și organizarea și desfășurarea întregului sistem de activități didactice ale acestui obiect de învățămînt astfel încît acesta să *dezvăluie baza științifică a activității elevilor în producție*, constituie *formele de legătură cele mai adecvate* cu practica, cu viața.

6. Aplicînd *metode de învățămînt active*, bazate pe acțiune, aplicînd în practica de toate zilele și în mod deosebit în practica de șantier deprin-

Scanned with OKEN Scanner

derile formate în cadrul lecţiilor de chimie, a lucrărilor de laborator, se aduce o importantă contribuţie la trezirea interesului elevilor pentru obiectul chimie, la cultivarea şi dezvoltarea deprinderilor practice pe care elevii le vor utiliza în viitoarea lor profesiune.

7. Căile prin care se poate asigura o rodnică activitate de corelare a cunoştinţelor de chimie cu cunoştinţele practice de specialitate sînt numeroase şi variate. Alegerea lor trebuie să se facă însă ţinînd seama de condiţiile concrete din fiecare şcoală. De aceea rezultatele cercetării noastre reprezintă numai o premisă pentru aprofundarea şi extinderea în viitor a cercetării acestei probleme. Ea va trebui să stabilească amănunţit sistemul de posibilităţi metodice pentru realizarea în condiţii tot mai bune a principiului legării teoriei de practică, a studiului chimiei, în scopul dezvoltării multilaterale a tineretului, capabil să învingă rutina, să contribuie activ şi creator la promovarea noului în tehnică, în producţie.

În vederea realizării cu succes a sarcinilor de mare răspundere care revin şcolii privind tot mai strînsa legare a chimiei cu producţia, cu viaţa, consider potrivit a face următoarele propuneri:

1) activizarea catedrelor de specialitate (comisiilor metodice) care să contribuie în mai mare măsură la studierea reciprocă a programelor şcolare, la elaborarea şi îmbunătăţirea planurilor de corelare interdisciplinară, cu prilejul fiecărui început de an şcolar şi trimestru;

2) manualele de chimie să vină în ajutorul profesorului cu mai multe exemplificări practice din diversele profesiuni, pentru a putea fi utilizate la lecţii în legarea cunoştinţelor teoretice de procesele tehnologice. Tot aşa, manuale pentru disciplinele tehnice de specialitate să indice la sfîrşitul fiecărui capitol modalităţile fireşti de legare şi fundamentare ştiinţifică a diferitelor teme cu ajutorul disciplinelor realist-ştiinţifice.

POTENŢIALUL NEWTONIAN ÎNTR-UN PUNCT, PRODUS DE O MASĂ EGALĂ CU UNITATEA, SITUATĂ LA DISTANŢA r DE ORIGINE

Prof. dr. *PETRE SIMA*, Braşov

Fie A şi P două puncte, situate la distanţele r şi r' faţă de originea O (fig. 1). Distanţa $\overline{AP}$ dintre cele două puncte este, notînd cu θ unghiul format de $\overline{OP}$ cu $\overline{OA}$;

$$AP = \sqrt{r^2 + r'^2 - 2 \cdot r \cdot r' \cdot \cos \theta},$$

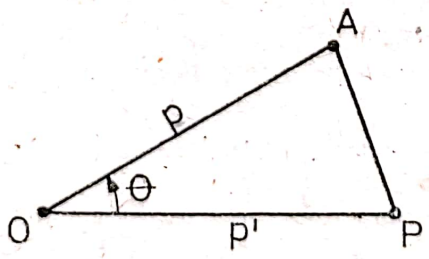


Fig. 1

Scanned with OKEN Scanner

sau

$$\left.\begin{aligned}\overline{AP} &= r'(h^2 - 2h \cdot \cos\,\theta + 1)^{\frac{1}{2}};\\ \overline{AP} &= r\,(h^2 - 2h \cdot \cos\,\theta + 1)^{\frac{1}{2}};\end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

În (1) s-a notat prin h cînd raportul $\frac{r}{r'}$, cînd raportul $\frac{r'}{r}$, după cum $r' > r$ sau $r' < r$. Prin urmare, cantitatea h va fi totdeauna mai mică decît unitatea.

Potențialul newtonian într-un punct A, situtat la distanța r de origine, produs de o masă egală cu unitatea, situată în punctul P, la distanța r' de această origine, va fi, prin urmare :

$$\frac{1}{\overline{AP}} = \left(\begin{array}{c}\frac{1}{r}\\ \text{sau}\\ \frac{1}{r'}\end{array}\right)(1 - 2h.\cos\,\theta + h^2)^{-\frac{1}{2}}.$$

Vom dezvolta pe :

$$(1 - 2h \cdot \cos\,\theta + h^2)^{-\frac{1}{2}} \qquad (2)$$

după puterile crescătoare ale lui h ; în acest scop, vom utiliza polinoamele Legendre $P_n(z)$, care, ordonate după puterile crescătoare ale lui z, iau oricare ar fi paritatea lui n, forma generală :

$$P_n(z) = \frac{1.3.5\ldots(2n-1)}{n!}\left[z^n - \frac{n(n-1)}{2(2n-1)}z^{n-2} + \right.$$
$$\left. + \frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{2.3.(2n-1)(2n-3)}z^{n-4}\ldots\right] \qquad (3)$$

Coeficientul lui h^n din (2) este dat de dezvoltarea (3), în care se face substituția :

$$z = \cos\,\theta.$$

Rezultă :

$$(1 - 2h\cdot\cos\,\theta + h^2)^{-\frac{1}{2}} = P_0(\cos\,\theta) + h\cdot P_1(\cos\,\theta) + \ldots + h^n P_n(\cos\,\theta) + \ldots \qquad (4)$$

Egalitatea (4) justifică denumirea de coeficienți Legendre dată polinoamelor $P_n(\cos\,\theta)$.

Se știe că, atunci cînd numărul variabilelor este mare, ecuațiile diferențiale comportă derivate parțiale; astfel, pentru două variabile x și y, acestea sînt de următorul tip:

$$f\left(x, y, z), \frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y}, \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}, \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}, \frac{\partial^3 z}{\partial x^3}, \frac{\partial^3 z}{\partial y \partial x^2}, \ldots\right) = 0. \quad (5)$$

Ecuațiile (5) nu pot fi integrate prin expresii simple, după cum se știe, decît în cazuri particulare (ecuația cu derivate parțiale omogenă liniară cu coeficienți constanți, ecuația coardei vibrante, ecuația telegrafiștilor, ecuația lui Laplace, ecuația lui Poisson, ecuația lui Maxwell). Ecuația Lui Laplace este:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 U}{\partial t^2}, \quad \text{sau} \quad \Delta U = 0. \quad (6)$$

De asemenea, în probleme de propagare, apare foarte des ecuația:

$$\Delta U = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 U}{\partial t^2},$$

sau

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 U}{\partial t^2}.$$

În acest caz, funcțiile U căutate se pot descompune, uneori, în funcții sinusoidale de timp, în așa fel, încît punînd

$$U(x, y, z, t) = e^{ikct} U(x, y, z),$$

se obține ecuația:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} + k^2 U = 0, \text{ sau } \Delta U + k^2 U = 0. \quad (7)$$

Problema care se pune în practică nu este problema determinării soluției generale a ecuației (6) sau (7), ci a găsirii soluției care să ia (ea sau derivata ei pe o direcție dată) pe anumite suprafețe valori constante, sau mai general, valori reprezentative prin funcții cunoscute de coordonatele utilizate.

Pentru a putea exprima mai ușor aceste condiții la limită, este avantajos să se aleagă ca sistem de referință, un sistem de coordonate curbilinii ortogonale, astfel încît suprafețele date să facă parte dintr-una sau mai multe familii de suprafețe de coordonate ale sistemului de referință. Fie ρ, φ, și θ coordonatele sistemului ales. Metoda cea mai intuitivă va consta în a căuta o integrală particulară a ecuației(6) sau (7), de forma:

$$U(\rho, \varphi, \theta) = R(\rho)\, \Phi(\varphi)\, \Theta(\theta),$$

Scanned with OKEN Scanner

în care funcţiile R, Φ, Θ sînt funcţii de o singură variabilă, respectiv ρ, φ şi θ.

Această integrală particulară mai este denumită produsul lui Laplace.

Funcţiile R, Φ şi Θ conţin constante arbitrare; caracterul liniar al ecuaţiilor (6) şi (7) arată că aceste ecuaţii sînt satisfăcute de o sumă oarecare, finită sau infinită, discretă sau continuă, de aceste produse ale lui Laplace, în care se dau constantele arbitrare toate valorile posibile. În această sumă, fiecare produs al lui Laplace poate primi un coeficient arbitrar.

Soluţia particulară căutată va fi această sumă de produse ale lui Laplace, în care coeficienţii arbitrari vor lua toate valorile compatibile cu condiţiile la limită.

Problema rezolvării ecuaţiilor (6) şi (7) se reduce astfel la următoarea problemă: să se formeze produsele lui Laplace, soluţii ale ecuaţiilor (6) sau (7), ecuaţii scrise în sistemele de coordonate curbilinii ortogonale, utilizate în mod obişnuit.

Considerînd un sistem de coordonate curbilinii ortogonale, ca în figura 2, în spaţiul cu trei dimensiuni, raportat la un sistem de coordonate rectilinii, ortogonale Ox, Oy şi Oz, putem lega vechile coordonate x, y şi z, de noile coordonate u, v şi w, prin relaţiile:

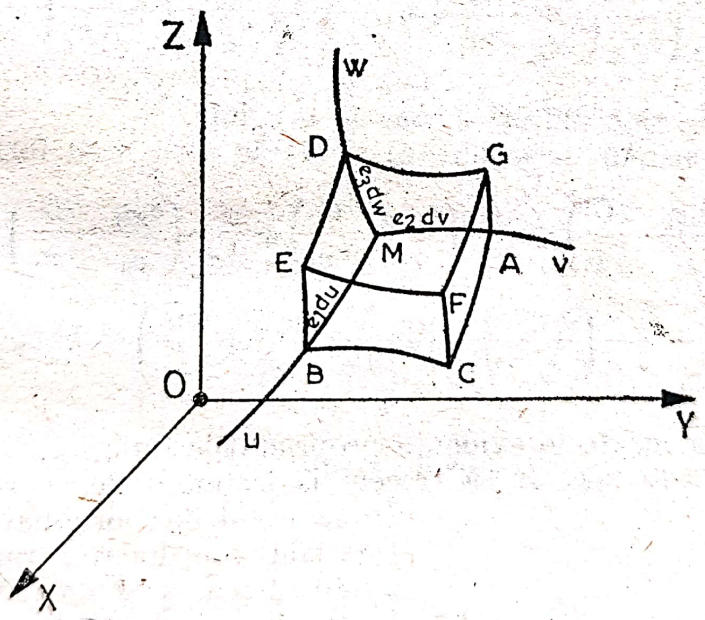


Fig. 2

$$\left.\begin{aligned} x &= p(u,\ v,\ w),\\ y &= q(u,\ y,\ w),\\ z &= r\,(u,\ v,\ w). \end{aligned}\right\}$$

În acest caz, elementul de arc, care în coordonate carteziene are expresia:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2,$$

se va scrie :

$$ds^2 = e_1^2 du^2 + e_2^2 dv^2 + e_3^2 dw^2,$$

în care e_1^2, e_2^2, e_3^2, au expresiile :

$$\left.\begin{aligned} e_1^2 &= \left(\frac{\partial x}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial u}\right)^2; \\ e_2^2 &= \left(\frac{\partial x}{\partial v}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial v}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial v}\right)^2; \\ e_3^2 &= \left(\frac{\partial x}{\partial w}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial w}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial w}\right)^2. \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

Dacă se consideră un sistem de coordonate curbilinii ortogonale, astfel ca elementul de lungime să fie :

$$ds^2 = e_1^2 dx_1^2 + e_2^2 dx_2^2 + e_3^2 dx_3^2,$$

laplacianul ΔU se va scrie :

$$\Delta U = \frac{1}{e_1 e_2 e_3}\left[\frac{\partial}{\partial x_1}\left(\frac{e_2 e_3}{e_1}\cdot\frac{\partial U}{\partial x_1}\right) + \frac{\partial}{\partial x_2}\left(\frac{e_1 e_3}{e_1}\cdot\frac{\partial U}{\partial x_2}\right) + \frac{\partial}{\partial x_3}\left(\frac{e_1 e_2}{e_3}\frac{\partial U}{\partial x_3}\right)\right],$$

în care e_1, e_2, e_3 sînt unităţi locale de lungime.

În acest sistem, ecuaţiile (6) şi (7) se scriu sub forma :

$$\frac{\partial}{\partial x_1}\left(\frac{e_2 e_3}{e_1}\cdot\frac{\partial U}{\partial x_1}\right) + \frac{\partial}{\partial x_2}\left(\frac{e_1 e_2}{e_2}\cdot\frac{\partial U}{\partial x_2}\right) + \frac{\partial}{\partial x_3}\left(\frac{e_2 e_1}{e_3}\cdot\frac{\partial U}{\partial x_3}\right) = 0; \qquad (10)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_1}\left(\frac{e_2 e_3}{e_1}\cdot\frac{\partial U}{\partial x_1}\right) + \frac{\partial}{\partial x_2}\left(\frac{e_1 e_3}{e_2}\cdot\frac{\partial U}{\partial x_2}\right) + \frac{\partial}{\partial x_3}\left(\frac{e_2 e_1}{e_3}\cdot\frac{\partial_3 U}{\partial x_3}\right) + k^2 e_1 e_2 e_3\ U = 0. \qquad (11)$$

Pentru a putea scoate în evidenţă proprietăţile funcţiei U, pe o sferă cu centrul în O, este necesar să trecem la sistemul de coordonate sferice.

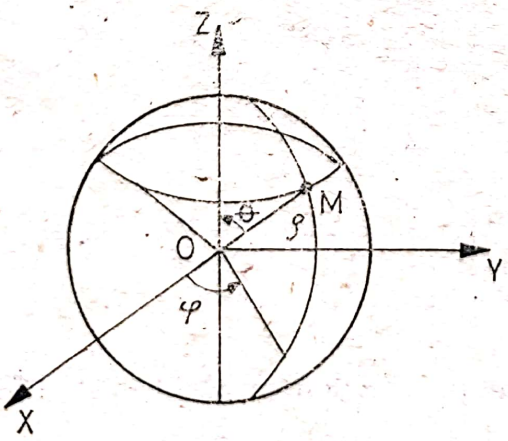


Fig. 3

În sistemul de coordonate sferice (fig. 3) cele trei coordonate, raza vectoare ρ, longitudinea φ şi colatitudinea θ sînt legate de coordonatele carteziene x, y şi z prin relaţiile :

$$\left.\begin{aligned} x &= \rho \sin\theta \cdot \cos\varphi; \\ y &= \rho \sin\theta \cdot \sin\varphi \\ z &= \rho \cos\theta. \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

Elementul de lungime de arc este egal cu :

$$ds^2 = d\rho^2 + \rho^2 . d\theta^2 + \rho^2 . \sin^2\theta . d\varphi^2,$$

de unde se deduc unităţile locale de lungime :

$$e_1 = 1,\ e_2 = \rho,\ e_3 = \rho \sin \theta.$$

În coordonate sferice, ecuaţia (11) se scrie :

$$\frac{\partial^2 U}{\partial \rho^2} + \frac{2}{\rho} \cdot \frac{\partial U}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 U}{\partial \theta^2} + \frac{1}{\rho^2} \cdot \frac{\cos \theta}{\sin \theta} \cdot \frac{\partial U}{\partial \theta} + \frac{1}{\rho^2 \sin^2 \theta} \cdot \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2} + k^2 U = 0.$$

Să căutăm soluţii de forma :

$$U(\rho, \varphi, \theta) = R(\rho)\, \Phi(\varphi)\, U\ (\theta).$$

Înlocuind în ecuaţia precedentă şi împărţind prin $R\,\Theta\Phi$, se obţine :

$$\frac{1}{R}\left(\rho^2 \frac{d^2 R}{d\rho^2} + 2\rho \frac{dR}{d\rho}\right) + \frac{1}{\Theta}\left(\frac{d^2\Theta}{d\theta^2} + \frac{1}{\sin^2\theta} \cdot \frac{1}{\Phi} \cdot \frac{d^2\Phi}{d\varphi^2}\right) + \frac{1}{\sin^2\theta} \cdot \frac{1}{\Phi} \cdot \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \varphi^2} + k^2\rho^2 = 0. \tag{13}$$

Ecuaţia (13) poate fi scrisă sub forma :

$$\frac{1}{R}\left(\rho^2 \frac{d^2 R}{d\rho^2} + 2\rho \frac{dR}{d\rho}\right) + k^2\rho^2 = p^2, \tag{13'}$$

de unde

$$R = \rho^{-\frac{1}{2}} \begin{matrix} J_y \\ Y_y \end{matrix} (k\rho), \tag{14}$$

în care $J_\nu(z)$ şi $Y_\nu(z)$ sînt două funcţii independente ale ecuaţiei diferenţiale :

$$\frac{d^2 y}{dz^2} + \frac{1}{z} \cdot \frac{dy}{dz} + \left(1 - \frac{\nu^2}{z^2}\right) y = 0;$$

$J_\nu(z)$ şi $Y_\nu(z)$ sînt funcţiile lui Bessel de speţa întîia, respectiv a doua, definite astfel :

$$J_\nu(z) = \left(\frac{z}{2}\right)^\nu \sum_{r=0}^{\infty} \frac{(-1)^r}{r!\,\Gamma(\nu + r + 1)} \left(\frac{z}{2}\right)^{2r}, \tag{15}$$

$$Y_\nu(z) = \frac{\cos \pi z\, J_\nu(z) - J_{-\nu}(z)}{\sin \pi z}. \tag{16}$$

Scanned with OKEN Scanner

Cînd $k = 0$, adică dacă se caută produsul lui Laplace, soluţie a ecuaţiei (10), ecuaţia (13′)devine :

$$\frac{d^2R}{d\rho^2} + \frac{2}{\rho}\cdot\frac{dR}{d\rho} - \frac{p^2}{\rho^2}R = 0, \tag{17}$$

de unde

$$R = \rho^{-\frac{1}{2}}\rho^{\nu}\rho^{-\nu}. \tag{18}$$

Dacă punctul 0 aparţine domeniului de existenţă al funcţiei, trebuie să eliminăm funcţiile Y_ν şi $\rho^{-\nu}$ între soluţiile (14) şi (18). Funcţia J_ν convine, deoarece produsul $\rho^{-\frac{1}{2}} J_\nu(k\rho)$ este finit pentru $\rho = 0$, deoarece $\nu \geqslant \frac{1}{2}$

Ecuaţia (13) se scrie :

$$\frac{\text{sni}^2\,\theta}{\Theta}\left(\frac{d^2\Theta}{d\theta^2} + \frac{\cos\theta}{\sin\theta}\cdot\frac{d\Theta}{d\theta}\right) + \frac{1}{\Phi}\cdot\frac{d^2\Phi}{d\varphi^2} = 0. \tag{19}$$

Primii doi termeni din (19) sînt independenţi de φ ; ca urmare, trebuie ca şi al treilea termen să aibă această proprietate. De aceea punem :

$$\frac{1}{\Phi}\frac{d^2\Phi}{d\varphi^2} + \mu^2 = 0, \tag{20}$$

de unde

$$\Phi = \begin{matrix}\cos\\ \sin\end{matrix}\mu\varphi.$$

Un caz de excepţie constituie prezenţa în interiorul sferei a unui perete de forma unei jumătăţi de cerc mare. Ecuaţia (19) devine :

$$\frac{d^2\Theta}{d\theta^2} + \frac{\cos\theta}{\sin\theta}\frac{d\Theta}{d\theta} + \left(p^2 - \frac{m^2}{\sin^2\theta}\right)\Theta = 0. \tag{21}$$

Dacă semiaxa negativă $z(\theta = -\pi)$ face parte din domeniul de existenţă al funcţiei, singura soluţie posibilă este :

$$\Theta = \frac{P_n^m}{Q_n^m}(\cos\theta) \tag{22}$$

deoarece trebuie să luăm :

$$p^2 = n(n+1),\ (n \text{ întreg}).$$

Scanned with OKEN Scanner

În expresia soluției (22), $P_n(z)$ sînt polinoamele lui Legendre, care, ordonate după puterile crescătoare ale lui z, iau oricare ar fi paritatea lui n, forma generală:

$$P_n(z) = \frac{1\cdot 3\cdot 5\ldots(2n-1)}{n!}\left[z^n - \frac{n(n-1)}{2(2n-1)}z^{n-2} + \ldots + \right.$$
$$\left. + \frac{n\,(n-1)\,(n\,2\,-)\,n-3)}{2\cdot 4\cdot(2n-1)\,(2n-3)}z^{n-4} + \ldots\right], \tag{23}$$

iar $Q_n(z)$ — funcția lui Legendre de speța doua definită pentru z real, cuprins în intervalul $(-1, +1)$, prin formula:

$$Q_n(z) = P_n(z)\left(\frac{1}{2}\ln\frac{z+1}{z-1} - \sum_{r=1}^{n}\frac{b_r}{z-\alpha_r}\right); \tag{24}$$

pentru z complex sau real, însă în afara intervalului $(-1, +1)$, vom lua prin definiție:

$$\tilde{Q}(z) = P_n(z)\left(\frac{1}{2}\ln\frac{z+1}{z-1} - \sum_{r=1}^{n}\frac{b_r}{z-\alpha_r}\right). \tag{25}$$

Această schimbare de definiție face ca $\tilde{Q}_n(z)$ să ia valori reale pentru valorile reale ale lui z.

Revenind la soluția (22) (ecuației (21), trebuie precizat că, dacă întreaga axă a direcțiilor z face parte din domeniul de existență al funcției, atunci soluția Q_n^m trebuie eliminată.

În concluzie, produsul lui Laplace va fi:

$$U(\rho, \varphi, \theta) = R(\rho)\,\Phi(\varphi)\,\Theta(\theta),$$

funcțiile R, Φ și Θ fiind alese din formulele (14), (18), (20) și (22).

Rezultă că variația funcției U pe o sferă de rază dată depinde de factorul:

$$[A\cos\mu\varphi + B\sin\mu\varphi]\,[C\cdot P_\nu^\mu(\cos\theta) + D\cdot Q_\nu^\mu(\cos\theta)],$$

care se numește armonică sferică.

Aici μ este în mod obligatoriu egal cu un număr întreg m, deoarece după o rotație funcția reia aceiași valoare, iar $D = 0$, $\nu = n$ pentru a elimina funcțiile care în polii sferei devin infinite. Prin urmare, armonica sferică va avea forma:

$$[A\cos m\varphi + B\sin\varphi]\,P_n^m(\cos\theta), \tag{26}$$

cu

$$P_n(\cos\theta) = 2\frac{1\cdot3\cdot5\ldots(2n-1)}{2\cdot4\cdot6\ldots2n}\left[\cos n\theta + \frac{1\cdot n}{1\cdot(2n-1)}\cos(n-2)\theta + \right. \tag{27}$$

$$\left. + \frac{1\cdot3\cdot n(n-1)}{1.2.(2n-1)(2n-3)}\cos(n-4)\theta + \ldots\right].$$

Vom analiza, în continuare, trei cazuri:

1) $m = 0$. Funcţia U se anulează în acelaşi timp cu $P_n(\cos\theta)$, adică pe n paralele ale sferei, aşezate simetrice faţă de ecuator; $P_n(\cos\theta)$ se numeşte armonică generală.

2) $0 < m < n$. Funcţia U se anulează pe m meridiane corespunzătoare lui $\operatorname{tg} m\varphi = \frac{A}{B}$ şi pe $m - n$ paralele simetrice faţă de ecuator; armonica (26) se numeşte armonică terestră.

3) $m = n$. Funcţia U se anulează la poli şi pe m meridiane; armonica sferică se reduce în acest caz, la

$$(A\cos m\varphi + B\sin m\varphi)\sin m\theta,$$

şi se numeşte armonică sectorială.

Se poate demonstra că este posibil să se dezvolte în serie de armonice sferice o funcţie arbitrară de θ şi φ; această posibilitate explică interesul pentru aceste noţiuni.

După cum s-a mai arătat, soluţiile ecuaţiei Laplace:

$$\Delta U = \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2}$$

sînt funcţii armonice.

Orice funcţie de tipul:

$$u = \Sigma\frac{m(P)}{r}.$$

unde m este o cantitate care poate depinde de poziţia punctului P în spaţiu şi r distanţa punctului curent A în raport cu punctul P, sau cu un ansamblu finit de puncte P este o funcţie armonică: aceasta este potenţialul newtonian în raport cu punctul A al mulţimii de puncte P, cărora li se asociază mase m(P). Potenţialele newtoniene satisfac ecuaţia lui Laplace.

BIBLIOGRAFIE

[1]. COWLING. T. G., Magnetohydrodynamics, Intersci. Publi. London, 957.
[2]. LANDAU, L. D. LIFŞIŢ E. M.., Mecanica. Editura tehnică, Bucureşti, 1966.
[3]. ONICESCU O. Mecanica. Editura tehnică. Bucureşti 1969
[4]. SIMA, P., Mecanica teoretică, Braşov, 1972.
[5]. SIMA, P. Complemente de mecanică, Braşov, 1980.
[6]. VÎLCOVICI, V., BĂLAN, ST., VOINEA, R., Mecanica teoretică, Editura tehnică, Bucureşti, 1963.
[7]. Seminar de fizică teoretică, L. Editura Academiei R. S. România, 1968, sub redacţia, lui V. NOVACU.

Scanned with OKEN Scanner

FOLOSIREA FIŞELOR DE LUCRU ÎN PROCESUL DE ÎNSUŞIRE ŞI APROFUNDARE A CUNOŞTINŢELOR DE CHIMIE

Conf. univ. dr. *MAKKAY F.* şi lect. univ. dr. *MAKKAY K.* Cluj Napoca

1. Introducere

În zilele noastre, în urma unei interacţiuni eficiente între ştiinţă şi tehnică, cunoştinţele şi teoriile ştiinţifice cresc vertiginos, ritmul lor de creştere fiind de 10—15% anual. Din acest motiv pe bună dreptate se poate declara că în prezent are loc o „explozie de informaţii", care exercită o mare influenţă asupra tuturor domeniilor vieţii materiale şi spirituale, implicit şi asupra învăţământului.

Adaptarea învăţământului la cerinţele epocii contemporane, la cerinţele determinate de fenomenul acceleraţiei ce are loc pe plan social, în domeniul ştiinţei şi al tehnicii, constituie o problemă socială de prim ordin în viaţa tuturor statelor.

Este unanim recunoscut că învăţământul din zilele noastre se confruntă cu numeroase probleme în dependenţă de tripla explozie la care asistăm şi anume :

a) creşterea cererii de instrucţie ;
b) multiplicarea rapidă a cunoştinţelor şi
c) amplificarea aspiraţiilor.

Toate acestea şi cu deosebire decalajul ce se crează între volumul mereu în creştere al cunoştinţelor ce trebuiesc însuşite de elevi şi capacitatea acestora de a le asimila satisfăcător, determină o amplă acţiune de reînnoire a învăţământului, ce se desfăşoară pe mai multe planuri, atît asupra obiectivelor pedagogice şi a conţinutului învăţământului, cît şi a structurilor, organizării şi tehnologiei dadactice.

Volumul mare şi mereu în creştere al cunoştinţelor, nu poate fi însuşit satisfăcător de către elevi, capacitatea lor de asimilare fiind limitată. Pentru a face posibilă cuprinderea şi asimilarea valorilor ştiinţifice şi tehnice în şocală în sfere cît mai extinse, şi pentru a dezvolta capacităţile intelectuale ale elevilor într-un proces de permanentă instruire şi autoformare, atît conţinutul învăţământului, cît şi tehnologiile didactice fac astăzi obiectul unor intense cercetări pedagogice pe plan mondial, destinate să descopere legile învăţării şi căile de valorificare maximă a materialului de asimilat, în limitele dinamicii şi evoluţiei mintale normale ale elevilor. Sporirea eficienţei procesului de învăţământ impune aplicarea unor metode moderne, aceasta cu atît mai mult, cu cît se constată că utilizarea numai a metodelor tradiţionale nu pot satisface cerinţele unui învăţământ eficient. Printre metodele eficiente aplicate în procesul însuşirii cunoştinţelor de chimie se încadrează şi instruirea programată, respectiv forma ei mai simplă, învăţarea cu fişa de lucru.

2. Fişa de lucru ca mijloc de activizare eficientă

Pedagogia contemporană semnalizează neajunsurile metodelor tradiţionale de transmiterea cunoştinţelor şi indică direcţiile pentru optimizarea lor, în prezent punîndu-se accent pe utilizarea metodelor active, care

Scanned with OKEN Scanner

dezvoltă gîndirea, capacitatea de interpretare, deprinderea de a învăța sistematic. În această ordine de idei, s-a ajuns la o serie de concluzii, printre care și aceea că individualizarea învățămîntului și varietatea formelor de activitate instructivă, a muncii independente — individuale sau pe grup desfășurate de elevi, este o cale superioară a sporirii eficienței învățămîntului și dezvoltării laturii sale formative.

Este cunoscut faptul că dintre metodele tradiționale nici cu ajutorul conversației, cunoscută ca cea mai mobilizatoare, nu se poate realiza activizarea elevilor dintr-o clasă întreagă. Aceasta, este posibilă într-o măsură mai mare numai prin aplicarea muncii prin scris, adică prin folosirea instruirii programate și a învățării cu fișa de lucru, sau cu ajutorul mașinilor de instruire.

Prin aplicarea instruirii programate, respectiv a fișelor de lucru în procesul de învățămînt se realizează intensificarea muncii individuale a elevilor în însușirea, sistematizarea și fixarea cunoștințelor, ceea ce este una dintre sarcinile importante în munca industric-educativă.

Din literatura de metodică sînt cunoscute date [1—4] din care reiese că prin utilizarea instruirii programate și a învățării cu fișe de lucru, eficiența muncii instructiv-educativă a fost mult mai mare decît rezultatele obținute cu metodele clasice (expunerea și conversația). Lucrînd cu trei grupe de elevi în mod paralel, s-a constatat că rezultatele, raportate la măsurătorile preliminare, în cazul instruirii programate și a învățării cu fișa de lucru s-au îmbunătățit cu 14,8%, respectiv cu 10,40%, în timp ce, la grupa la care au fost întrebuințate metodele tradiționale, rezultatele se îmbunătățesc doar cu 2,6%.

Aceste date confirmă rezultatele obținute anterior de mai mulți cercetători din domeniul metodicii, da de exemplu Șapovalenko [5] din Uniunea Sovietică, Palous [6] din R. S. Cehoslovacă, Garami [7] din R. P. Ungară, Osterwald [8] și Heiser [9] din R. D. Germană.

Bazîndu-ne pe aceste date experimentale, putem recunoaște superioritatea indiscutabilă a instruirii programate și a învățării cu fișa de lucru față de metodele tradiționale.

Răspîndirea instruirii programate în țara noastră, ca și în mai multe țări, este întîrziată de mai multe dificultăți de exemplu elaborarea textelor programate reclamă o muncă pretențioasă și mult timp, iar multiplicarea lor în multe cazuri este nerealizabilă. Față de această situație, aplicarea învățării cu fișe de lucru la lecțiile în care elevii efectuează experiențe chimice, este mai ușor de realizat.

3. Rolul fișelor de lucru

Rolul fișelor de lucru, indiferent de denumirea și de organizarea lor, centrată pe un principiu sau altul, rămîne în esență același. Ele stabilesc legătura între activitatea individuală și independentă a elevilor, care asigură în principal dezvoltarea sistemului de operații ale gîndirii și transferul lor în noile situații de învățare, activitatea colectivă — care la rîndul său asigură formarea unor caracteristici ale gîndirii între care și caracterul critic și totodată motivația de nivel superior în învățare — și conducerea profesorului. Fișele de lucru permit dezvoltarea valențelor

Scanned with OKEN Scanner

acționale, problematice ale procesului de învățare, permit descoperirea esențialului și generalului, elaborarea principalelor operații ale gîndirii și ierarhizarea lor într-un sistem, care va putea fi folosit prin transfer în cazul oricărei situații de învățare. Rolul lor include și realizarea unui echilibru între sistemul general logic al conceptelor unui obiect de învățămînt. Contribuția în învățare a proceselor, operațiilor gîndirii este determinantă.

Procesul instructiv trebuie să asigure organizarea condițiilor externe ale învățării, astfel încît să interacționeze în mod optim cu structura operațiilor de gîndire, cu capacitățile interioare și să poată da naștere la o modificare a lor.

Fișele de lucru pentru elevi pot asigura atît planul însușirii corecte a sistemului de cunoștințe, cît și cel al sistemelor de operații ale gîndirii. Ele permit exersarea unor operații cum ar fi : analiza, sinteza, comparația, abstractizarea, generalizarea, înțelegerea, sistematizarea, iar la nivel superior elaborarea de ipoteze și rezolvarea de probleme.

Atît noțiunile care sînt introduse, cît și situațiile problematice în cadrul cărora sînt prezentate, reprezintă informații noi pentru elevi. De aceea este necesară reluarea lor și aprofundarea cu ajutorul anumitor exerciții. Concomitent, fișele de lucru trebuie să prezinte exerciții care solicită orientarea în condiții noi, studierea problemelor din punct de vedere diferit. Odată cu evoluția psihică a elevilor, exercițiile care vizează caracterul operațional, problematizarea, procedeele descoperirii, trebuie să prezinte o pondere din ce în ce mai însemnată. Trebuie să ținem seama că fiecare elev intră în școală cu o anumită experiență proprie, care reprezintă însă o serie de limite, atît în ceea ce privește raportul esențial-neesențial, gradele diferite de generalizare, cît și conținutul propriu-zis informațional, întotdeauna restrîns și uneori chiar haotic.

O altă sarcină impusă fișelor de lucru de activitate individuală, în vederea constituirii unor noțiuni științifice, este aceea de a crea situații conflictuale în care să poată fi probată trăinicia noțiunilor formate și să fie puse în acțiune operațiile gîndirii.

Folosirea fișelor de lucru în predarea chimiei, dacă acestea au fost bine concepute, pune elevul în situația de a medita, de a căuta căi de rezolvare, încearcă să extragă din potențialul existent de cunoștințe acele informații potrivite situației actuale din problemă, corespunzătoare soluționării posibile a problemei și să le aducă pe toate aceste într-o corelație favorabilă rezolvării ei.

Astfel, în cazul aplicării fișelor de lucru, activitatea independentă a elevului are două aspecte, două direcții :

a) experiențele efectuate de elevi asigură munca de experimentare individuală sau în grup (activitatea exterioară a elevului) ;

b) fișele de lucru dau prilej la activitatea de gîndire independentă a elevului (activitatea psihică).

După crearea unor condiții corespunzătoare celor arătate mai înainte, profesorul colaborează cu elevii : îndrumă, dirijează, apreciază munca lor, dar în așa fel încît să nu le stînjenească inițiativa, ci să stimuleze dezvoltarea independenței, creativității, a gîndirii în general. Pe măsura dezvoltării acestor calități, conducerea directă de către profesor a procesului de învățare cedează locul altor forme de colaborare.

Scanned with OKEN Scanner

De fapt profesorul intervine numai atunci cînd este necesar, adică atunci cînd intervenţia stimulează desfăşurarea procesului de cunoaştere. În felul acesta, elevul devine un coparticipant activ la propria lui formare, instrucţia se transformă în auto-instrucţie, contribuţia profesorului în această transformare fiind destul de însemnată.

Însituaţia de mai sus, profesorul şi elevul ajung cu adevărat într-o relaţie de colaborare, într-un stadiu comun de căutare şi cercetare în care fiecare are de învăţat de la celălalt, unul din punct de vedere al cunoştinţelor de chimie, celălalt din punct de vedere psihologic.

În condiţiile lecţiei moderne, a folosirii fişelor de lucru, elevii sînt puşi în condiţia de interlocutori cu drept de a avea iniţiativă, comunicarea se înfăptuieşte atît între profesor şi elevi, cît şi la nivelul elevilor, înlesnind cooperarea (vezi schema Nr. 1).

Sensul bidirecţional în circulaţia informaţiei prin dialog (de la profesor la elevi, dar şi invers), creşterea ponderii activităţii elevilor la lecţie, implică şi stimulează o nouă orientare a relaţiei profesor-elevi.

Profesorul pătrunde în permanenţă tot mai adînc în procesele de gîndire ale elevilor şi prin acesta găseşte mereu mai multe motive de încredere în capacitatea de gîndire proprie pe care o pretinde de la elevi. El, profesorul (aşa cum rezultă din schemă) este organizatorul, ghidul şi evaluatorul cintribuţiei elevilor în realizarea desfăşurării lecţiei.

Aceste elemente se pot distinge din examinarea comparativă a schemei asupra modului în care se realizează dialogul profesor-elevi la lecţia tradiţională şi la cea modernă (vezi schema Nr. 1).

4. Tipuri de fişe de lucru

Considerată ca o modalitate de perfecţionate a actului apreciativ şi evolutiv, fişa de lucru impune mai ales prin valoarea de diagnostic obiectiv ce surprinde elevul ca o unitate diferenţiată, în complexul factorilor ce concură la realizarea sa.

„Munca individualizată nu constă în efectuarea individuală a aceleiaşi munci de către toţi, ci în a alege pentru fiecare munca specifică ce îi convine" [10].

Această deosebire, foarte clară, stă la baza tuturor tehnicilor pedagogice care consideră fişele ca pe unul dintre mijloacele cele mai eficace pentru a ajuta pe elev să asimileze noţiunile şi să progreseze folosind la maximum eforturile sale personale.

Dacă examinăm fişele care există şi care sînt utilizate în procesul de învăţămînt de pedagogi, uneori foarte diferiţi unii de alţii, rezultă că acestea pot fi clasificate în cîteva tipuri ale căror graniţe pot fi trasate în linii mari, deşi cîteodată sînt greu de precizat.

După R. Dottrens pot fi deosebite următoarele tipuri de fişe:

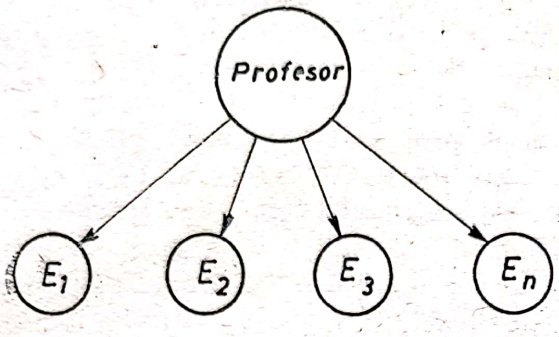
a) *Fişe de cunoştinţe*, care pot deveni, pentru unii, fişe de autoinstruire. Elevii găsesc pe fişe noţiunile prezentate cît se poate de clar, cunoştinţele de care au nevoie după aceea.

b) *Fişe de exerciţii*, care vizează aplicarea noţiunilor prezentate în fişele de cunoştinţe. Acestea îi ajută pe elevi să se asigure că au înţeles şi că ştiu să folosească practic cele ce au învăţat. În această categorie

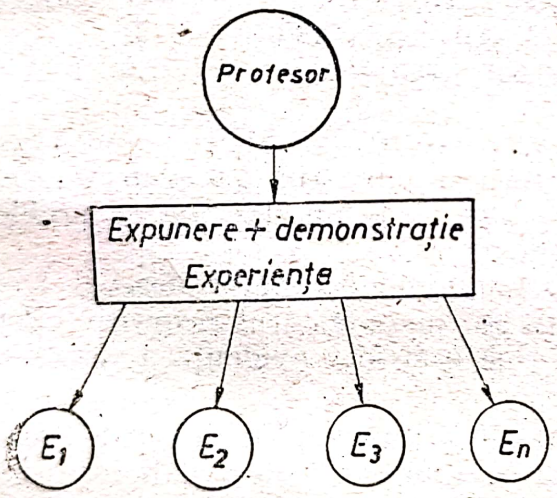
Scanned with OKEN Scanner

I. In condițiile lecției tradiționale

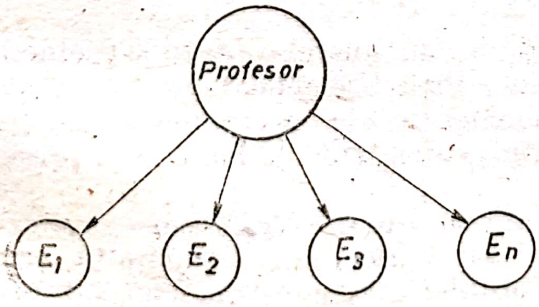
a. Profesorul evaluează pregătirea elevilor



b. Profesorul comunică noile cunoștințe

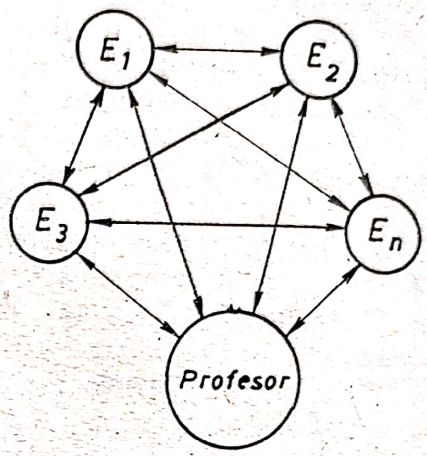


c. Profesorul fixează cunoștințele elevilor



II. In condițiile lecției moderne

a. Profesorul organizator și consultant



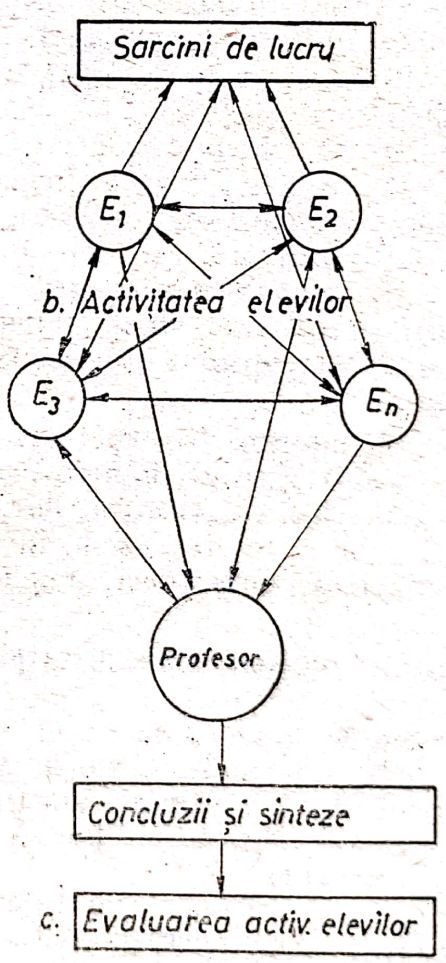


Fig. 1

Scanned with OKEN Scanner

găsim şi fişele de control, fişele de verificare a cunoştinţelor care constituie etapa necesară revederii şi regrupării noţiunilor studiate anterior.

c) *Fişe de dezvoltare*, destinate elevilor buni, pentru a le da ocazia să-şi valorifice la maximum inteligenţa şi voinţa. Scoala nu are dreptul să facă pe cei mai buni să-şi piardă timpul, din contră, ea are datoria imperioasă de a-i ajuta să-şi folosească posibilităţile intelectuale. În acest sens ca drept argument putem cita pe R. Dottrens care spune : „Orice programă de învăţămînt conţine implicit două părţi : programa minimă, ansamblul noţiunilor pe care copiii trebuie să şi le însuşească în mod obligatoriu pentru a fi promovaţi, şi programa de dezvoltare, lăsată la iniţiativa profesorului pentru a perfecţiona cunoştinţele şi cultura elevilor săi...".

d) *Fişe de recuperare* (pot fi incluse şi în fişele de cunoştinţe) pentru elevii rămaşi în urmă sau care prezintă unele goluri în pregătire. În cadrul acestora, în loc să facă un salt, elevul depăşeşte dificultatea în etape succesive. Şi în acest caz rezultatul este convingător.

Fişele de cunoştinţe pot fi întrebuinţate nu numai la comunicarea noilor cunoştinţe, ci şi la sistematizarea şi recapitularea lor. Astfel, în general, aceste fişe pot fi clasificate în următoarele trei categori :

1) Fişa de lucru care prelucrează materia nouă cu ajutorul experienţelor frontale ale elevilor (fişă de lucrù experimentală [11];

2) Fişa de lucru de sistematizare-recapitulare, folosită în timpul anului şcolar [12]

3) Fişa de lucru de recapitulare, folosită la sfîrşitul anului şcolar.

Fişele care sînt folosite la verificarea cunoştinţelor însuşite, pentru a le deosebi de fişele de lucru, este bine să le numim fişe de probleme. fişe de verificare sau fişe de control.

Pentru folosirea fişelor cu maximum de eficienţă, profesorul trebuie să cunoască exact situaţia fiecărui elev în momentul respectiv. Pentru aceasta, este absolut necesar să se ţină o strictă evidenţă a rezultatelor obţinute.

Eficacitatea fişei de lucru constă în primul rînd în modul de a o concepe şi de o alcătui. Pentru profesor este mai greu să o elaboreze şi să o aplice pentru a o verifica, dar pentru elev este un mijloc plăcut, antrenant, uşor şi interesant de învăţare activă. Fişele de lucru îi formează elevului deprinderea de a muncii, de a învăţa şi a gîndi în mod independent

5. Problemele de principiu ale fişelor de lucru

Fişele de lucru, la lecţiile de chimie, sînt întrebuinţate la prelucrarea unor părţi ale materiei de învăţămînt. Prin fişele de lucru se aplică în procesul de învăţămînt anumite elemente ale programării (instruirii programate), elevul fiind pus să efectueze operaţiile pe baza unor prescripţii algoritmice.

Prin algoritmi se înţelege un ansamblu de reguli care conduce la efectuarea unor operaţii aritmetice sau logice, într-o anumită ordine, în vederea soluţionării unui tip de probleme. Algoritmii sînt prescripţii referitoare la operaţii destul de elementare, a căror efectuare face posibilă rezolvarea unor probleme individuale, aparţinînd unei clase de probleme.

Scanned with OKEN Scanner

Regulile unui unui algoritm se execută, de obicei de sus în jos, una după alta, întreruperea parcurgerii secvenţiale fiind specificată explicit. Cu alte cuvinte, cînd se trece la o altă regulă decît cea imediat următoare, se precizează clar care este această regulă (se vor numerota).

Înţelegerea noţiunii de algoritm, prin aplicarea ei în procesul de învăţămînt, scoate mai pregnant în evidenţă cele două aspecte caracteristice operativităţii gîndirii :

a) operativitatea nespecifică (lărgime, profunzime, rapiditate) şi

b) operativitatea specifică precis delimitată ca succesiune şi aplicabilitate.

Algoritmii constituie o generalizare a modului de a opera al gîndirii în situaţii problematice delimitate, reprezentînd schema generală operativă (de rezolvare) a unui tip de probleme.

Se ştie că sarcinile procesului de învăţămînt nu se reduc numai la transmiterea de cunoştinţe, ele pretind şi formarea şi dezvoltarea capacităţilor intelectuale ale elevilor. Rezolvînd pe bază de algoritmi raţionali diferite probleme, gîndirea se eliberează de eforturile inutile şi poate să-i canalizeze eforturile spre adevărate soluţii creatoare.

Fişele de lucru se deosebesc de instruirea programată mai ales prin faptul că în timp ce la instruirea programată elevul lucrează complet individual, la întrebuinţarea fişelor de lucru conexiunea inversă se realizează cu ajutorul profesorului (muncă parţial independentă).

Spre deosebire de programare, în cazul fişelor de lucru comunicarea cunoştinţelor nu se realizează în „paşi mici", ci materia pentru o lecţie de o oră se împarte în 4—5 unităţi logice mai mari şi conexiunea inversă are loc după fiecare unitate. Conexiunea inversă doar la sfîrşitul lecţiei nu este recomandabilă, deoarece în asemenea situaţie mai mulţi elevi se împotmolesc în studierea materiei şi nu-şi pot continua munca.

În cazul fişelor de lucrŭ nu putem vorbi nici despre un ritm individual, deoarece după fiecare etapă (parte), elevii trebuie să se aştepte unul pe altul.

Este bine să fie îmbinate fişele de lucru cu experienţele efectuate de către elevi. Aici nu este necesară munca de experimentare individuală ca în cazul instruirii programate, elevii pot efectca experienţele cîte doi sau trei (în grup).

Să nu exagerăm în privinţa aplicării fişelor de lucru, deoarece comunicarea cunoştinţelor noi cu ajutorul fişelor de lucru este mai ales atunci eficace, dacă elevii au anumite cunoştinţe preliminare din domeniul studiat (de ex. în cazul analogiei), sau dacă prin analiza în mod independent a rezultatelor experienţelor elevii pot trage concluzii corespunzătoare. De aici rezultă că nu pot fi ţinute toate lecţiile folosindu-se fişele de lucru, dar este foarte eficace aplicarea lor la cîteva lecţii.

6. Modul de folosire a fişei de lucru

Lecţia la care se întrebuinţează fişă de lucru, în funcţie de volumul de cunoştinţe care urmează să fie prelucrate, poate fi începută cu o verificare orală de 5—10 minute, dar aceasta poate lipsi, dacă volumul materiei este mare. Dacă nu are loc verificarea cunoştinţelor, atunci profesorul

Scanned with OKEN Scanner

face cunoscut — pe scurt — scopul lecției, distribuie fișele de lucru (materialul necesar efectuării experiențelor de către elevi este în prealabil pregătit) și dă indicație pentru efectuarea sarcinilor din prima parte a de lucru. Pe fișe este indicat cu aproximație la fiecare parte a fișei timpul maxim necesar efectuării muncii din partea respectivă din fișă, care se recomandă a fi respectat.

Elevii citesc individual problemele din fișă, efectuează în grupuri (sau individual) experiențele și răspund la întrebările puse în fișă.

Dacă experiențele sînt efectuate de elevi în grupuri de cîte 2—3, este oportun ca elevii să fie așezați în așa fel încît fiecare grup să cuprindă și elevi mai buni, care ajută pe colegii mai slabi în efectuarea și analiza experiențelor. Dacă condițiile nu permit ca experiențele să fie efectuate de elevi, atunci ele se fac demonstrativ de către profesor, dar analiza o fac elevii în mod independent. Profesorul în timpul muncii urmărește, controlează activitatea elevilor, dă ajutor în efectuarea experiențelor și — în primul rînd elevilor mai slabi — în formularea răspunsurilor. Această activitate a profesorului este un prilej excelent pentru cunoașterea nivelului de pregătire a elevilor.

Cînd majoritatea elevilor au terminat problemele din prima parte (prima etapă) a fișei de lucru, urmează așa numita conexiunea inversă comună. Aceasta are loc sub îndrumarea profesorului. Discută cu elevii sau scriu pe tablă răspunsurile, ecuațiile corecte, eventual profesorul le proiectează cu ajutorul retroproiectorului. Cine a lucrat incorect corectează greșelile comise cu creionul roșu. Este foarte important ca să nu rămînă nici o greșeală pe fișa de lucru, din care motiv este oportun dacă și vecinii de bancă își controlează reciproc răspunsurile date pe fișă și profesorul din cînd în cînd adună fișele de lucru pentru verificare. Dacă există elev care nu a putut formula la unele întrebări răspunsul din lipsa de timp sau din alte motive, atunci cu ocazia conexiunii inverse și el scrie cu creionul roșu răspunsul corect.

Este bine dacă profesorul face și un control cantitativ, stabilind numărul elevilor care au dat răspunsuri corecte. Dacă majoritatea clasei a formulat un răspuns greșit la întrebarea pusă, profesorul va explica (din nou) problema și numai după aceasta vor trece elevii la studierea problemelor din partea a doua a fișei.

În etapa a doua activitatea se desfășoară conform celor indicate mai înainte, adică la prima etapă. Astfel se procedează și la părțile următoare.

Fișele de lucru elevii le duc acasă, păstrîndu-le în ultima parte a caietului sau într-un dosar. Elevii cînd lucrează cu fișe, în caietele lor de notițe trebuie să scrie înaintea începerii lecției numărul de ordine, data și titlul lecției, după care se va menționa că s-a lucrat cu fișă de lucru.

La aplicarea fișelor de lucru este extrem de important respectarea principiului gradației. La prima lecție la care se întrebuințează fișă de lucru, este de recomandat ca răspunsurile, măcar la primele întrebări, elevii să le formuleze împreună, sub conducerea profesorului și numai după aceasta să le treacă pe fișă. Mai tîrziu, după ce elevii și-au însușit modul de activitate cu fișa de lucru, vor putea să lucreze tot mai independent. La început se poate permite ca elevii parteneri de masă să co-

Scanned with OKEN Scanner

menteze (în șoaptă) între ei rezultatele obținute, dar aceasta se va limita mai tîrziu, iar cînd elevii ajung la un nivel corespunzător, poate să fie interzis.

7. Unele observații în legătură cu folosirea fișelor de lucru

Pe baza datelor din literatura metodică și a experienței acumulate se poate afirma că elevilor le place foarte mult acest mod de lucru,deoarece acesta necesită participarea lor activă la procesul de învățămînt, pot face aproape muncă de creație, ajung la noile cunoștințe prin forțele lor proprii, astfel materia prelucrată este în mare parte însușită la oră. Dar nu poate fi neglijat faptul că acest mod de lucru este foarte obositor pentru elevi, iar aplicarea lui permanentă este și plictisitoare. În schimb, ținerea unui număr de 10—12 ore (lecții) anual cu fișă de lucru este foarte eficace, face ca lecțiile să fie variate și interesante.

Cu ocazia inspecțiilor speciale efectuate în școli, am putut constata că un număr relativ mare de profesori de chimie elaborează și întrebuințează în procesul instructiv educativ fișe de lucru. Această activitate este un fapt foarte îmbucurător. Creșterea numărului profesorilor care elaborează fișe de lucru, atrage după sine mărirea numărului fișelor de lucru aplicate la lecțiile de chimie, ceea ce poate reprezenta un proces de îmbunătățire a muncii instructiv-educative, un proces de modernizare a ei prin asigurarea unei ponderi mai mari a activității independente și individuale a elevilor. Dar această activitate a profesorilor na este lipsită de greșeli, din care motiv nu poate avea eficacitatea maximă, valoarea dorită.

Dintre greșelile frecvente menționăm în primul rînd supraîncărcarea fișelor cu activități de către cei care le elaborează. Această supraîncărcare a elevilor cu sarcini prin fișa de lucru duce în majoritatea cazurilor la imposibilitatea efectuării de către elevi a tuturor sarcinilor prescrise, care creează o situație nedorită. Aceste neplăceri pot fi evitate prin dozarea judicioasă a sarcinilor pentru fiecare parte a lecției, respectiv prin verificarea în prealabil dacă sarcinile indicate pot fi efectuate în întregime în timpul care stă la dispoziția elevilor.

O altă greșeală este neîmpărțirea lecției în mai multe etape, adică neeșalonarea sarcinilor în mod judicios pe etape. Din această greșeală izvorăște supraîncărcarea fișelor, a lecțiilor cu sarcini și împiedică realizarea ca toți elevii a lucreze într-un ritm aproximativ identic, adică să termine efectuarea sarcinilor aproximativ în același timp.

Neîmpărțirea fișelor în mai multe etape, împiedică realizarea conexiunii inverse în timpul lecției, ceea ce este de fapt nerespectarea unui principiu important al instruirii programate, și anume principiul întăririi imediate a răspunsului. În asemenea situații, conexiunea inversă este realizată numai la sfîrșitul lecției, în majoritatea cazurilor în pripă din cauza timpului limitat neepuizat rămas din lecție.

Acestea sînt greșelile mai grave, care împreună fac ca lecția să nu fie reușită, să nu atingă pe deplin sarcina didactică fixată.

Pe lîngă aceste greșeli apar în fișe de lucru și altele din cauză că se neglijează studierea literaturii de specialitate, referitoare la elaborarea fișelor de lucru. Aceste greșeli sînt strîns legate de construirea fișelor, nerespectînd principiile corespunzătoare ale instruirii programate.

Scanned with OKEN Scanner

8. Exemple de fişe de lucru

În continuare se vor prezenta 2 fişe de lucru ca modele pentru elaborarea altor fişe la părţile de materie de învăţământ alese pentru predare-învăţare prin aplicarea fişelor de lucru. În elaborarea acestor fişe am urmărit să respectăm indicaţiile găsite în literatura de specialitate şi unele principii ale învăţării programate. Aceste fişe pot fi întrebuinţate în procesul de predare-învăţare a chimiei, eventual pot fi îmbunătăţite pe baza observaţiilor acumulate la utilizarea lor.

Numele şi prenumeele elevului : Lecţia a...-a

. . . . . Data :.....

Clasa a VII-a...

OXIGENUL

I. *Recapitularea celor învăţate despre oxigen* Cca. 6 min.

a) Oxigenul este elementul chimic cu număr atomic, Z = .. şi are următoarea structură electronică :

b) Oxigenul este elementul chimic cel mai ..... pe globul pământesc. În natură se găseşte : în ....., de ex. :..... şi sub formă de ....., de ex. :.....

c) Oxigenul pe cale industrială se obţine prin ..... Cum se procedează? .....

d) La lecţia precedentă prin descompunerea termică a cărora substanţe am obţinut oxigen în laborator?.....

Scrieţi ecuaţiile reacţiilor de descompunere !

. . . . . .

. . . . . .

e) Cum am identificat prezenţa oxigenului? .....

În lecţia de azi veţi obţine oxigen prin muncă independentă, descompunînd termic permanganatul de potasiu ($KMnO_4$).

II. *Obţinerea şi proprietăţile fizice ale oxigenului* Cca. 8 min.

a) Să introducem într-o eprubetă uscată o cantitate mică (un vîrf de cuţit) de permanganat de potasiu solid. Să prindem eprubeta cu o clemă de eprubete şi să încălzim prudent conţinutul eprubetei avînd grijă de ochii). După un timp scurt să introducem de mai multe ori una după alta un beţişor de brad incandescent în eprubetă.

b) După mai multe încercări cu beţişorul, acesta numai la care parte a eprubetei se aprinde (se obţine flăcări)?..... .....

Pentru ce?.....

c) Deci prin descompunerea şi a permaganatului de potasiu s-a format ..... care ..... arderea, dar.....

Scanned with OKEN Scanner

Această importantă proprietate a .....este utilizată pentru i d e n t i f i c a r e a lui !

d) Stabiliți pe baza observațiilor de mai înainte cîteva proprietăți fizice ale oxigenului preparat !

Starea de agregare	Culoarea	Mirosul	Gustul	Solubilitatea în apă	Densitatea în comparație cu cea a aerului

III. *Obținerea oxizilor*

1. *Arderea nemetalelor în oxigen* Cca. 12min.

a) Analog cu experiențaprecedentă, în 2 eprubete să preparăm oxigen. Într-una dintre eprubete să introducem o bucată (sau bandă) de sulf, iar în cealaltă o bucată de cărbune, ambele aprinse și ținute cu o clemă sau pensentă. Urmăriți cu atenție starea de agregare și mirosul substanțelor obținute în urma arderii !

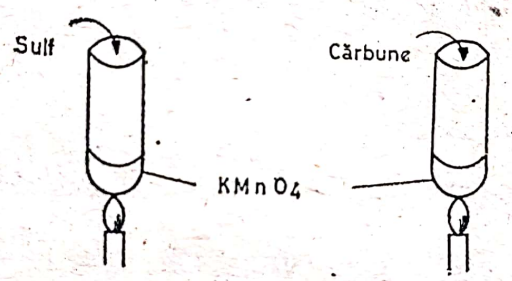


Fig. 2

b) Cum a avut loc arderea sulfului în oxigen ?.....
Ce miros și ce culoare a avut gazul format ?.....
Acest gaz se numește dioxid de sulf !
Cunoscînd produsul de ardere, completați ecuația reacției !

.... + ... = SO_2

c) Cum a avut loc arderea cărbunelui în oxigen ?.....
Care este mirosul și culoarea gazului format ?.....
Gazul format este dioxidul de carbon !
Scrieți ecuația reacției de formare a dioxidului de carbon prin arderea cărbunelui !

.... + ... = ...

d) În concluzie putem afirma că majoritatea nemetalelor ..... în oxigen și se formează un oxid.

2. *Arderea metalelor în oxigen* Cca. 14 min.

a) Mai întîi urmăriți cu atenție demonstrația efectuată de profesor ! Stabiliți starea de agregare și culoarea produsului de ardere !.....
Cum a avut loc arderea sodiului ?.....
Ce s-a format în urma arderii ?.....

Scanned with OKEN Scanner

Ştiind că produsul de ardere este peroxidul de sodiu (Na_2O_2), scrieţi ecuaţia reacţiei de ardere !

.... + ... = ...

b) Preparăm oxigen într-o eprubetă aşa cum am procedat mai înainte. În eprubetă introducem o bucată de magneziu aprins, ţinut cu o clemă. Ce aţi observat? ....

Cum este produsul format? .....

Prin arderea magneziului în oxigen, se formează oxid de magneziu. Scrieţi ecuaţia reacţiei de ardere a magneziului !

.... + ... = ...

c) În mod analog cu sodiul şi magneziul şi alte metale ard în oxigen, formînd.....

3) *Recapitulare*

Majoritatea nemetalelor şi metalelor ard în oxigen, formînd..... corespunzător elementului chimic participat la ardere. În toate cele patru experienţe a avut loc o reacţie de combinare, deoarece.....

Arderea în oxigen este ..... decît în aer.

Combinarea unui element chimic cu oxigenul, se numeşte *reacţie de oxidare* ! Deci cu ocazia arderii nementalelor şi a metalelot în oxigen are loc o.....

IV. *Problemă de calcul* Cca. 5 min.

Masa a 24 g de calciu după ardere în oxigen devine 40 g. Ce a cauzat creşterea masei?

Ce cantitate de calciu poate fi arsă în 24 g de oxigen şi ce cantitate de produs de ardere se obţine?.....

Numele şi prenumele elevului Lecţia a...-a

. . . . . Data :.....

Clasa a VIII-a...

SULFUL

I. *Structura şi starea naturală* Cca.7min.

1. *Structura sulfului*

a) Ştiind că sulful este elementul chimic cu numărul atomic, Z = 16, şi are numărul de masă, A = 32, stabiliţi următoarele caractere ale sulfului :

— numărul electronului de pe ultimul strat fl atomului :.....
— numărul stratului în curs de completare :.....
— numărul neutronilor din nucleul atomului :.....
— poziţia în sistemul periodic { grupa ..... ; perioada..... }

Știind că produsul de ardere este peroxidul de sodiu (Na_2O_2), scrieți ecuația reacției de ardere !

.... + ... = ...

b) Preparăm oxigen într-o eprubetă așa cum am procedat mai înainte. În eprubetă introducem o bucată de magneziu aprins, ținut cu o clemă. Ce ați observat? ....

Cum este produsul format? .....

Prin arderea magneziului în oxigen, se formează oxid de magneziu. Scrieți ecuația reacției de ardere a magneziului !

.... + ... = ...

c) În mod analog cu sodiul și magneziul și alte metale ard în oxigen, formînd.....

3) *Recapitulare*

Majoritatea nemetalelor și metalelor ard în oxigen, formînd..... corespunzător elementului chimic participat la ardere. În toate cele patru experiențe a avut loc o reacție de combinare, deoarece.....

Arderea în oxigen este ..... decît în aer.

Combinarea unui element chimic cu oxigenul, se numește *reacție de oxidare* ! Deci cu ocazia arderii nementalelor și a metalelot în oxigen are loc o.....

IV. *Problemă de calcul* Cca. 5 min.

Masa a 24 g de calciu după ardere în oxigen devine 40 g. Ce a cauzat creșterea masei?

Ce cantitate de calciu poate fi arsă în 24 g de oxigen și ce cantitate de produs de ardere se obține?.....

Numele și prenumele elevului Lecția a...-a

. . . . . Data :.....

Clasa a VIII-a...

SULFUL

I. *Structura și starea naturală* Cca.7min.

1. *Structura sulfului*

a) Știind că sulful este elementul chimic cu numărul atomic, Z = 16, și are numărul de masă, A = 32, stabiliți următoarele caractere ale sulfului :

— numărul electronului de pe ultimul strat fl atomului :.....
— numărul stratului în curs de completare :.....
— numărul neutronilor din nucleul atomului :.....
— poziția în sistemul periodic { grupa ..... ; perioada..... }

b) Pe baza structurii stabiliți modalitățile cum atomul de sulf își poate realiza octetul !

Atomul de sulf poate realiza octetul prin ..... sau prin ..... În funcție de modeul de realizare a octetului, sulful poate avea valența ....., cînd formează combinații ..... și valența ....., formînd combinații ..... În unele combinații sulful are valența ..... egală cu ..... și .....

Fișă de lucru.

2. *Starea naturală a sulfului*

a) Sulful în natură se găsește { în stare liberă (formînd zăcăminte) / sub formă de combinații

b) Combinațiile mai răspîndite sînt : sulfurile (ca de ex. : pirita, FaS_2, galena, PbS, blenda, ZnS) și sulfații (ca de ex. : ghipsul, $CaSO_4.2H_2$

II. *Proprietățile fizice*

Cca 13min

a) Studiați cu atenție sulful și stabiliți principalele proprietăți fizice !

— starea de agregare.....
— culoarea :.....
— solubilitatea în apă :.....
— solubilitatea în sulfură de carbon : .....
— densitatea față de apă : .....

b) Frecați cu o blană bastonul de sulf și apropiați la un capăt bucățile mici de hîrtie.

Ce ați observat ? Deci sulful prin frecare se .....

c) Încălziți într-un pahar apă la 90—95°C și introduceți în apa fierbinte bastonul de sulf.

Ce ați observat ? Sulful $\frac{\text{conduce}}{\text{nu conduce}}$ căldura.

d) Executați următoarea experiență : Puneți într-o eprubetă uscată aproximativ 1 g de sulf. Prindeți eprubeta cu un celște de hîrtie și încălziți la flacără cu multă atenție pînă la fierbere, apoi turnați în apă rece. Observați toate fazele prin care trece sulful în timpul încălziri ! Ce ați observat ?

La încălzire ușoară sulful se ..... și devine un lichid ....., apoi își ..... viscozitatea și culoarea se ..... Prin continuarea încălzirii, sulful devine din nou ....., apoi începe să ..... Sulful încălzit la fierbere și turnat brusc în apă rece..... și devine .....

Rețineți ! Sulful se topește la 119°C și fierbe la 444°C. În apropierea temperaturii de 200°C, sulful devine vîscos.

III. *Proprietățile chimice*

Cca. 17 min.

a) Urmăriți cu atenție arderea hidrogenului în atmosferă de vapori de sulf, efectuată de profesor !

Care este combinația chimică care se obține ?.....

Scrieți ecuația reacției care a avut loc în urma arderii !

..... + ... = ...

Care este tipul de legătură chimică în acest compus ?.....

b) Încălziți sulful într-o lingură de ars — trecut printr-o rondelă de carton — pînă cînd se aprinde. Apoi sulful aprins introduceți-l cu ajutorul lingurii într-un cilindru cu apă, care conține turnesol, acoperiți cu rondela și mișcați încet cilindrul.

Atenție ! Nu inspirați gazul format la arderea sulfului, este toxic !

Cu ce flacără arde sulful ?.....

Ce produs chimic s-a format ?.....

Completați ecuația reacției de formare !..

$$S + O_2 = ...$$

Ce s-a întîmplat cu apa după ce s-a introdus în ea sulful aprins ?

.....

Care este motivul fenomenului observat ? .....

Scrieți ecuația reacției care avut loc !

..... + H_2O = ...

Ce caracter chimic are oxidul format ?.....

c) Într-un mojar amestecăm cu ajutorul pistilului puțin sulf cu o picătură de mercur.

Ce ați observat ?.....

Ce produs s-a format ?.....

Scrieți ecuația reacției !

.... + ... = ...

d) Într-o capsulă de porțelan amestecați puțin sulf cu pilitură de fier și încălziți !

Ce modificare au avut loc ?.....

Ce produs a rezultat ?.....

Scrieți ecuația reacției care a avut loc !

..... + ... = ...

Combinațiile sulfului cu metalele se numesc.....

e) Ce concluzie puteți formula în urma experiențelor efectuate ? Sulful se combină sub acțiunea căldurii atît cu ....., cît și cu.....

BIBLIOGRAFIE

1. *Sarik T.*: Egri Tanarképzo Foisk. Tud. Kozl. 1970, p. 287.
2. *Sarik T.*: Egri Tanarképzo Foisk. Tud., Kozl. 1971, II. p. 179.
3. *Sarik T.*: A kém. tanitasa, 1971, *Nr.* +, p. 33.
4. *Sarik T.*: A kém. tanitasa, 1972, *Nr.* -, p. 6.
5. *Șapovalenko* S. G.: Himia v școle, 1963, *Nr.* 5, p. 18.
6. *Palous G.*: A kém. tanitasa, 1966.
7. *Garami K.*: A kém tanitasa, 1968, *Nr.* -, p. 40.
8. *Osterwald R.*: Chemie in der Schule, 1964, *Nr.* r—9, p. 392.
9. *Heiser H.*: Chemie in der Scule, 1965, p. 105.
10. *Dottrens R.*, Mialaret G., Rast E. și Ray M.: A educa și a instrui, Ed. did. și ped., București, 1970.
11. *Perczel S.*: A kém. tanitasa, 1975, *Nr.* s, p. 108.
12. *Sarik T.*: A kém tanitasa, 1973, *Nr.* -, p. 5.

Scanned with OKEN Scanner

PROCESE POLITROPE

Prof. *VALERIA ANGHEL* *, Prof. *GEORGEL ARHIRE* *, Iași.

Denumirea de proces politrop provine de la cuvintele grecești poli = mult și tropos = cale, direcție. Transformarea politropă a gazului ideal este definită ca transformarea în cursul căreia căldura molară este constantă.

Ecuația procesului politrop

Un gaz ideal este supus unei transformări politrope între două stări de echilibru termic $S_1(p_1 \cdot V_1 \cdot T_1 \cdot \nu)$ și $S_2(p_2 \cdot V_2 \cdot T_2 \cdot \nu)$. Principiul I al termodinamicii, aplicat proceselor în care parametrii variază diferențial, are forma: $dQ = dU + dL$ (1). dQ — reprezintă căldura, măsură a variației de energie a sistemului datorită schimbului de energie sistem-exterior la scară microscopică dezordonată. „dL" — reprezintă lucrul mecanic, măsură a variației de energie a sistemului datorată schimbului de energie sistem-exterior la scară macroscopică ordonată. Pentru un proces politrop, conform definiției, $dQ = \nu \cdot C \cdot dT$ (2). „dU" și „dL" au expresiile cunoscute $dU = \nu \cdot C_v \cdot dT$ (3) și $dL = p \cdot dV$ (4). Substituind (2); (3); (4); în (1) se obține $\nu \cdot C \cdot dT = \nu \cdot C_v \cdot dT + p \cdot dV$ (5).

Dacă se aplică gazului ideal, supus procesului politrop, ecuația termică de stare, atunci $p = \nu \cdot R \cdot T/V$ (6). Din (6) și (5) rezultă: $\nu \cdot C \cdot dT = \nu \cdot C_v \cdot dT + \nu \cdot R \cdot T \cdot dV/V$ împărțind prin $\nu \cdot T$ se obține $(C - C_v)dT/T = R \cdot dV/V$

$$(C - C_v)\int_{T_1}^{T_2} dT/T = R\int_{V_1}^{V_2} dV/V; \quad \ln T_2/T_1 = \frac{R}{C - C_v} \ln V_2/V_1$$

rezultă $T_2/T_1 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{R}{C-C_v}}$ (7). Relația (7) reprezintă ecuația procesului politrop în variabile T; V. Pentru obținerea ecuației în variabile p; V aplicăm ecuația termică, stărilor S_1 și S_2.

$$\begin{aligned} p_1 \cdot V_1 &= \nu \cdot R \cdot T_1 \Rightarrow T_1 = p_1 \cdot V_1/\nu \cdot R \\ p_2 \cdot V_2 &= \nu \cdot R \cdot T_2 \Rightarrow T_2 = p_2 \cdot V_2/\nu \cdot R \end{aligned} \qquad (8)$$

Din (7) și (8) rezultă:

$$\frac{p_2 \cdot V_2}{p_1 \cdot V_1} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{R}{C-C_v}} \Rightarrow \frac{p_2 \cdot V_2}{p_1 \cdot V_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\frac{R}{C_v-C}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_2 V_2^{\frac{C_v-C+R}{C_v-C}} = p_1 \cdot V_1^{\frac{C_v-C+R}{C_v-C}} \qquad (9)$$

---

* L. Ind. Victoria

** L. Ind. Tehnoton.

Scanned with OKEN Scanner

Exprimînd constanta generală a gazelor perfecte cu ajutorul căldurilor molare la volum și la presiune constantă (relația R. Mayer) $R = C_p - C_v$ relația (9) devine :

$$p_1 V_1^{\frac{C_p - C}{C_v - C}} = p_2 \cdot V_2^{\frac{C_p - C}{C_v - C}}; \quad \frac{C_p - C}{C_v - C} = \text{n unde n}$$

aparține $[0; \infty)$ și poartă numele de indice politropic. $p_1 \cdot V_1^n = p_2 \cdot V_2^n = \ldots = \text{constn.}$ (10). Relația reprezintă ecuația procesului politrop în variabile p; V. Transformarea politropă conține toate celelalte procese cunoscute : izobare, izocore, izoterme, adiabate.

1) Dacă $n = 0$, $p_1 \cdot V_1^0 = p_2 \cdot V_2^0 = \ldots =$ const. rezultă $p_1 = p_2 = \ldots =$ const. (11), ecuația procesului izobar în variabile p; V. În coordonate p; V graficul procesului izobar este o dreaptă paralelă la axa volumelor. (Figura) 1. În variabile $(T; V)$ ecuația procesului izobar capătă forma : $V_1/T_1 = V_2/T_2 = \ldots =$ const.

Graficul procesului izobar în coordonate $(V; T)$ este o dreaptă care trece prin originea sistemului de coordonate (figura 2.)

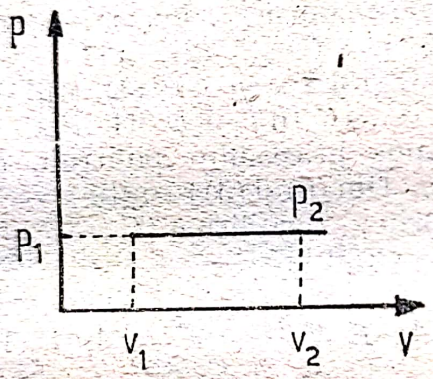


Fig. 1

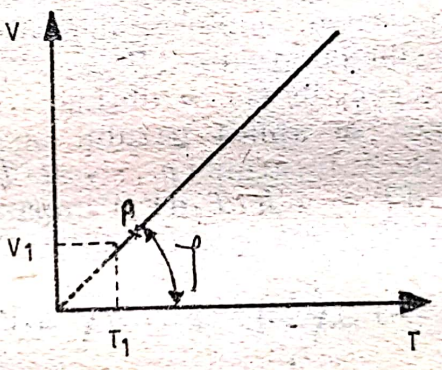


Fig. 2

INTERPRETĂRI:

1.a) Din grafic se observă că dacă temperatura gazului tinde la zero absolut, volumul său ar trebui să tindă la zero. În mod normal volumul unui gaz de masă dată, poate să tindă numai la o valoare egală cu volumul tuturor moleculelor sale și nicidecum la zero. Contradicția provine din extinderea legii transformării izobare în domeniul temperaturilor joase în care grzul este deja lichefiat.

1.b) Calculînd panta dreptei, obțin $\text{tg}\,\varphi = V/T$. Aplicînd ecuația termică de stare unei stări de echilibru termic, căreia îi corespunde în grafic punctul A, starea de echilibru termic corespunzătoare se caracterizează prin parametrii :

$(p; V; Z; \nu); p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T \Rightarrow V = \nu \cdot R \cdot T/p$, atunci $\text{tg}\,\varphi = mR/Mp$.

În variabile $(V; T)$ se obține o familie de caracteristici, drepte de înclinări (pante) diferite în următoarele situații : — sistemul supus unui șir de procese izobare pentru mase egale de gaze ideale de natură diferită $M_1 \neq M_2 \neq M_3 \neq \ldots$ figura 3.

$$\text{tg}\,\varphi_1 < \text{tg}\,\varphi_2 < \text{tg}\,\varphi_3 < \ldots$$

$$m \cdot R/M_1 \cdot p < m \cdot R/M_2 \cdot p < m \cdot R/M_3 \cdot p < \ldots \; m \cdot R/p \neq 0.$$

Scanned with OKEN Scanner

Împart prin $m \cdot R/p$ și se obține $1/M_1 < 1/M_2 < 1/M_3 < \ldots$ $M_1 < M_2 < M_3 < \ldots$

— sistemul supus unui șir de procese izobare pentru mase diferite ale aceluiași gaz ideal, (figura 4.)

$$\text{tg } \varphi_1 < \text{tg } \varphi_2 < \text{tg } \varphi_3 < \ldots m_1 \cdot R/M \cdot p < m_2 \cdot R/M \cdot p < m_3 \cdot R/M \cdot p \ldots < R/M \cdot p \neq 0$$

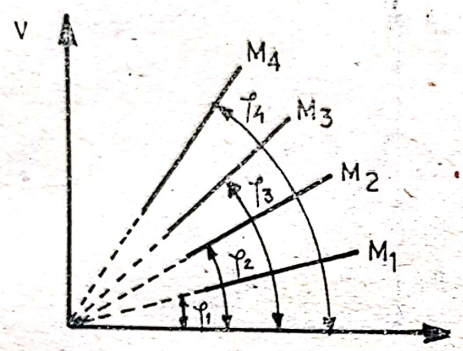


Fig. 3

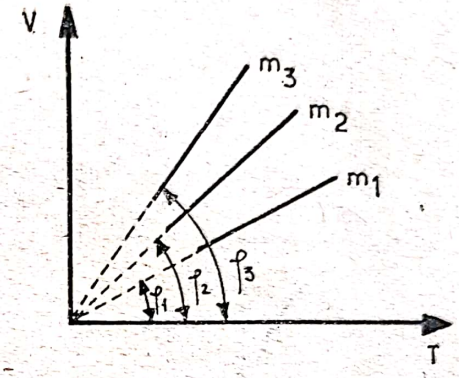


Fig. 4

Împărțim prin $R/M \cdot p$ și obținem $m_1 < m_2 < m_3 < \ldots$

— sistemul este supus unui șir de procese izobare pentru același număr de moli de gaz ideal, dar la presiuni diferite (figura 5.) $\text{tg } \varphi_1 < \text{tg } \varphi_2 < \text{tg } \varphi_3 < \ldots$

$\nu \cdot R/p_1 < \nu \cdot R/p_2 < \nu \cdot R/p_3 < \ldots \nu \cdot R \neq 0$ Împărțind prin $\nu \cdot R$ se obține: $p_1 > p_2 > p_3 \ldots$

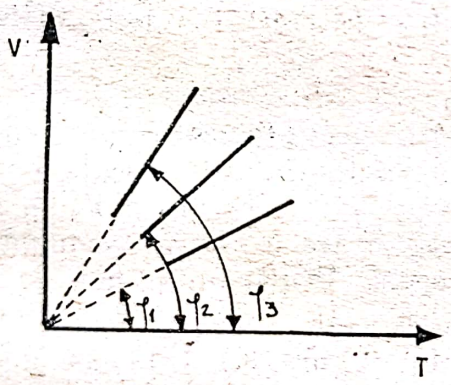


Fig. 5

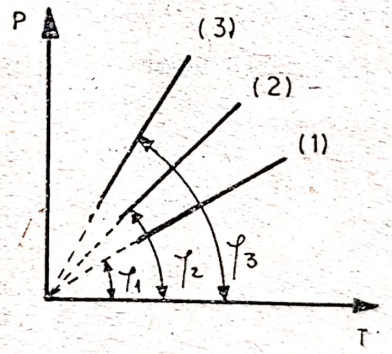


Fig. 6

— sistemul se supune unui șir de procese izobare pentru un număr diferit de moli de gaz figura 6. $\nu_1 \neq \nu_2 \neq \nu_3 \neq \ldots$

$$\text{tg } \varphi_1 < \text{tg } \varphi_2 < \text{tg } \varphi_3 < \ldots \nu_1 \cdot R/p < \nu_2 \cdot R/p < \nu_3 \cdot R/p < \ldots R/p \neq 0$$

Împărțind prin R/p rezultă $\nu_1 < \nu_2 < \nu_3 < \ldots$

2) n = 1 Procese izoterme.

(12) $p_1 \cdot V_1^1 = p_2 \cdot V_2^1 = \ldots = \text{const.}$ Relația (12) reprezintă ecuația proceselor izoterme în variabile $(p\,;\,V)$. În sistemul de coordonate $(p\,;\,V)$ graficul funcției $p \cdot V = \text{const.}$ este o hiperbolă echilateră (figura 7.) $p = \text{const.}/V$, cum $V > 0$ rezultă că V aparține $(0\,;\,+\infty)$ iar p aparține $(0\,;\,+\infty)$. Prezintă interes fizic (poate fi trasată experimental) numai

jamura hiperbolei din primul cadran. Graficul proceselor izoterme în coordonate $(p\,;\,V)$ pentru diverse temperaturi și același număr de moli, are forma unor hiperbole echilatere, depărtate cu atît mai mult de axele de coordonate cu cît temperatura este mai ridicată. (figura 8.) $A(p_1\,;\,V_1\,;\,T_1\,;\,\nu)\,;\ B(p_2\,;\,V_2\,;\,T_2\,;\,\nu)\,;C\ (p_3\,;\,V_3\,;\,T_3\,;\,\nu)$. Folosind ecuația termică de stare pentru stările A ; B ; C ; se obține ; $p_1 = \nu \cdot R \cdot T_1/V_1\,;\ p_2 = \nu \cdot R \cdot T_2/V_2\,;$ $p_3 = \nu \cdot R \cdot T_3/V_3$. cum $p_3 > p_2 > p_1$ rezultă că $T_3 > T_2 > T_1$.

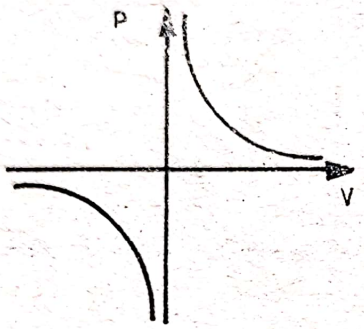


Fig. 7

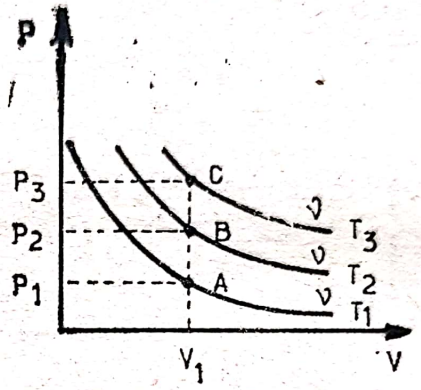


Fig. 8

Două izoterme, ale aceleiași mase de gaz perfect, nu se pot intersecta. Presiunile unei mase de gaz, aflate la același volum, nu pot fi egale la temperaturi diferite.

$p_1 \cdot V_1 = \nu \cdot R \cdot T_1\,;\ p_2 \cdot V_1 = \nu \cdot R \cdot T_2$ Dacă $T_1 \neq T_2$ atunci și $p_1 \neq p_2$.

Aceste stări nu pot fi reprezentate pe grafic printr-un singur punct, dec izotermele T_1 și T^2 nu se pot intersecta. *Observație* : se pot purta discuții similare celor de la procese izobare.

3) $n = \gamma$. Proces adiabatic.

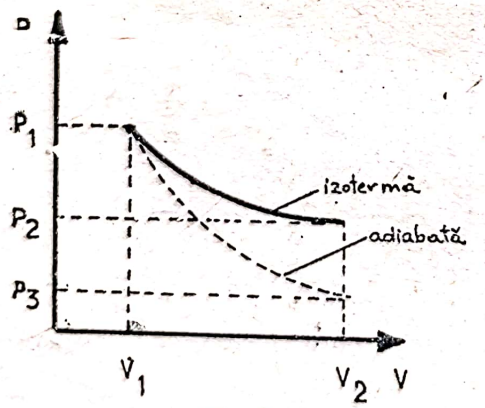


Fig. 9

(13) $p \cdot V^\gamma = \text{constant}$, reprezintă ecuația procesului adiabatic în variabile $(p\,;\,V)$. $C_p > C_v\,;\ \gamma > 1$. Curba $p(V)$ se numește adiabată și are o aliură asemănătoare cu o izotermă. Printr-un punct dat, în diagrama $p - V$, trece și o izotermă și o adiabată, (figura 9.) Un gaz perfect în starea de echilibru termic : $(p_1\,;\,V_1\,;\,T_1\ \nu)$ poate ajunge la volumul „V_2" fie prin destindere izotermă, presiunea finală fiind „p_2", fie prin destindere adiabată, presiunea finală fiind „p_3". Scriind ecuațiile celor două procese, $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2\,;\ p_1 \cdot V_1 = p_3 \cdot V_2$

$$\frac{p_1 \cdot V_1^\gamma}{p_1 \cdot V_1} = \frac{p_3 \cdot V_2^\gamma}{p_2 \cdot V_2}\,; \qquad V_1^{\gamma-1} = \frac{p_3}{p_2} \cdot V_2^{\gamma-1}$$

$$p_3/p_2 = (V_1/V_2)^{\gamma-1}$$

cum $\left.\begin{array}{l}\gamma > 1 \\ V_1 < V_2\end{array}\right\} \Rightarrow p_3 < p_2.$

Adiabata este mai înclinată decît izoterma. La aceiaşi concluzie se poate ajunge şi calculînd panta curbelor (izotermă-adiabată) în punctul de intersecţie. Matematic, pentru a găsi intersecţia a două curbe înseamnă a rezolva sistemul format din ecuaţia celor două curbe. (14) $p \cdot V^{\gamma} = C_1$; $p \cdot V = C_2$, (C_1 şi C_2 sînt două constante). Dacă starea iniţială de echilibru termic se caracterizează prin parametrii (p_1; V_1; T_1; ν), atunci $C_1 = p_1 \cdot V_1^{\gamma}$; $C_2 = p_1 \cdot V_1$ (15). Din (14) şi (15) rezultă: $p \cdot V^{\gamma} = p_1 \cdot V_1$; $p \cdot V = p_1 \cdot V_1$

$$p = p_1 \cdot (V_1/V)^{\gamma} \;\Big\} \Rightarrow (V_1/V)^{\gamma} = V_1/V \text{ rezultă } V_1 = V \text{ şi } p_1 = p.$$
$$p = p_1 \cdot V_1/V$$

Adiabata şi izoterma se intersectează într-un punct $A(V_1; p_1)$ căruia îi corespunde starea de echilibru termic (V_1; p_1; T_1; ν). Prin definiţie, panta tangentei la adiabată, este dată de relaţia: $\operatorname{tg} \alpha_1 = p'(V_1)$, cu condiţia:

$$p \cdot V^{\gamma} = p_1 \cdot V_1^{\gamma},\ p'(V_1) = -\gamma \cdot p_1 \cdot V_1^{\gamma}/V^{\gamma+1};\ \operatorname{tg} \alpha_1 = -\gamma \cdot p_1/V_1.$$

Panta tangentei la izotermă în punctul de coordonate,

$$(p_1; V_1),\ \operatorname{tg} \alpha_2 = p'(V_1) \text{ cu condiţia } p \cdot V = p_1 \cdot V_1$$
$$p'(V) = -p_1 \cdot V_1/V^2;\ \operatorname{tg} \alpha_2 = p'(V_1) = -p_1 V_1/V_1^2 = -p_1/V_1.$$
$$\gamma > 1;\ \text{deci } \operatorname{tg} \alpha_2 > \operatorname{tg} \alpha_1$$

4) n tinde la ∞. Proces izocor.

$(p_1 \cdot V_1^n = p_2 \cdot V_2^n)^{1/n}$; $p_1^{1/n} \cdot V_1 \cdot p_2^{1/n} \cdot V_2$; Dacă n tinde la infinit, atunci 1/n tinde la zero. De aici rezultă (16) $p_1^0 \cdot V_1 = p_2^0 \cdot V_2 = \ldots = \text{const.} \Rightarrow$ $\Rightarrow V_1 = V_2 = \ldots = \text{const.}$

Relaţia (16) reprezintă ecuaţia proceselor izocore în variabile (p; V). În variabile (p; T) ecuaţia procesului izocor este de forma: $p_1/T_1 = p_2/T_2 =$

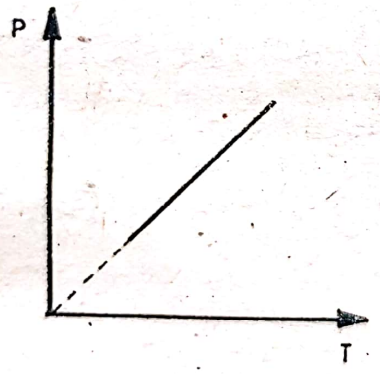


Fig. 10

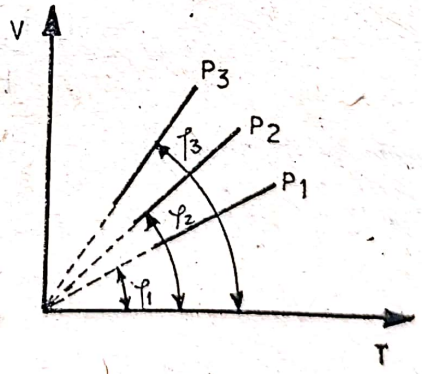


Fig. 11

$= \ldots = \text{const.}$ al cărei grafic în coordonate (p; T) este o dreaptă care trece prin originea sistemului de coordonate, (figura 10.) Dacă T tinde la zero atunci şi p tinde la zero. Neconcordanţa cu realitatea îşi găseşte justificarea în extinderea legilor gazului ideal în domeniul temperaturilor joase. Familia de caracteristici din figura 11, poate fi interpretată în mod analog familiei de caracteristici pentru procesele izobare. $\operatorname{tg} \varphi = p/T = \nu \cdot R/V = m \cdot R/M \cdot V$; $\operatorname{tg} \varphi_1 < \operatorname{tg} \varphi_2 < \ldots m_1 < m_2 < m_3$(pentru

mase diferite din același gaz supus proceselor izocore la același volum), $\nu_1 < \nu_2 < \nu_3$ (pentru același număr de moli supuși proceselor izocore la același volum) $M_1 > M_2 > M_3$ (pentru mase egale de gaze de natură diferite, supuse proceselor izocore la același volum). $V_1 > V_2 > V_3$ (pentru același număr de moli supuși procesului izocor la volume diferite).

Lucrul mecanic în procese politrope

Din principiul I al termodinamicii se știe $Q = \Delta U + L$; $L = Q - \Delta U$. Unde: $Q = \nu \cdot C \cdot \Delta T$; $\Delta U = \nu \cdot C_v \cdot \Delta T$; $L = \nu \cdot C \cdot \Delta T - \nu \cdot C_v \cdot \Delta T$; $L = \nu \cdot (C - C_v)(T_2 - T_1)$. Presupunem că sistemul evoluează politrop între două stări de echilibru termic: $S_1(p_1; V_1; T_1; \nu)$ și $S_2(p_2; V_2; T_2; \nu)$. Din ecuația termică de stare corespunzătoare stărilor S_1 și S_2 rezultă: $T_2 = p_2 \cdot V_2 / \nu \cdot R$ și $T_1 = p_1 V_1 / \nu \cdot R$ Deci: $L = \nu \cdot (C - C_v) / \nu \cdot R \cdot (p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1)$, dar $R = C_p - C_v$ rezultă $L = (p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1)(C - C) / C_p - C_v$ (17)

Expresia lucrului mecanic în procese politrope poate fi dedusă prin următorul procedeu:

$$L = \int p \cdot dV; \quad p \cdot V_n = C_1 \Rightarrow p = C_1 / V^n$$

$$L = C_1 \cdot \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^n} = C_1 \frac{V^{1-n}}{1-n} \Big|_{V_1}^{V_2} = C_1 \frac{V_2^{1-n} - V_1^{1-n}}{1-n}$$

unde $C_1 = p_1 \cdot V_1^n$

$$L = p_1 \cdot V_1^n \frac{V_2^{1-n} - V_1^{1-n}}{1-n} = \frac{p_1 \cdot V_1^n \cdot V_2^{1-n} - p_1 \cdot V_1}{1-n}, \text{ dar } p_1 \cdot V_1^n = p_2 \cdot V_2^n$$

$$L = \frac{p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1}{1-n} \quad (18)$$

Cazuri particulare:

$n = 0$; rezultă: $p_1 = p_2 = \ldots = \text{const.}$ $L = p(V_2 - V_1)$ cum

$n = (C_p - C)/(C_v - C)$ rezultă că $C = C_p$ (19)

$n = 1$; $T_1 = T_2 = \ldots = \text{const.}$ $C_p = C_v$.

$n = \gamma$; $L = \frac{p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1}{1-\gamma}$

Dar, (20) $\gamma = C_p / C_v$. Din (19) și (20), rezultă: $(C_p - C)/(C_v - C) = C_p / C$ rezultă $C = 0$; $Q = 0$. În procesele adiabatice sistemul nu schimbă cu exteriorul energie la scară microscopică dezordonată (sistemul termodinamic este izolat adiabatic). $n \Rightarrow \infty$; $V_1 = V_2 = \ldots = \text{const.}$ $L = 0$. În procesele izocore sistemul nu schimbă cu exteriorul energie la scară macroscopică ordonată (sistemul termodinamic este izolat mecanic).

Scanned with OKEN Scanner

BIBLIOGRAFIE

1. Fizică, manual pentru cl. a XI-a, *E. Dobre...* E.D.P. București 1979.
2. Fizică moleculară, probleme, *C. Păvițu...* E.D.P. București 1977.
3. Probleme de fizică pentru liceu, *O. Gherman...* Editura scrisul românesc, Craiova, 1975.
4. Probleme de căldură, fizică moleculară și termodinamică. *Anatolie Hristev*, Ed. tehnică, București 1974.
5. Fizica, nivel postliceal. *M. Al. Oncescu*, E.D.P. București 1975.

TESTE PENTRU VERIFICAREA CUNOȘTINȚELOR DE CHIMIE, CLASELE XI și IX

Lector *V. VOICULESCU* Craiova

I Mărimea termodinamică sau cinetică de mai jos :

1. Energia internă a unei substanțe pure
2. Energia internă a gazului perfect
3. Entalpia unui component
4. Entalpia gazului perfect
5. Entropia substanței pure
6. Entropia gazului perfect
7. Entalpia liberă a substanței pure
8. Entalpia liberă a gazului perfect
9. Căldura de formare
10. Căldura de reacție
11. Căldura de reacție dacă reactanții și produsele pot fi aproximate prin gaze perfecte
12. Entropia de reacție
13. Entalpia liberă de reacție
14. Constanta de echilibru K_p
15. Constanta de echilibru K_x
16. Constanta de echilibru K_c
17. Conversia de echilibru ξ_e

} La reacțiile în fază gazoasă sau la cele în care participă solide și gaze, gazele fiind aproximate perfecte

18. Viteza de reacție
19. Constanta de viteză
20. Energia de activare, pe intervale înguste de temperatură și presiune

depinde de :

a) Temperatură ; b) presiune (sau volum)
c) Proporția de amestecare a reactanților (componenților)
d) Prezența gazului inert la $T = ct$ și $p = ct$
e) Prezența gazului inert la $T = ct$ și $v = ct$
f) Natura catalizatorului ; g) Timp

Scanned with OKEN Scanner

Rezultatele se vor trece într-un tabel de forma :

Mărimea	a	b	c	d	e	f	g
1							
2							
≈							≈
20							

punînd simbolul „X" în pătrăţica corespunzătoare răspunsului corect. Interpretaţi rezultatele obţinute.

Răspuns. Interpretarea rezultatelor.

1)—8). Starea termodinamică a unei substanţe pure depinde de trei parametri : presiunea p, volumul V şi temperatura T. Dintre aceştia, numai doi sînt independenţi, deoarece cel de-al treilea rezultă din ecuaţia de stare. De aceea, în general, orice mărime termodinamică a substanţei pure este influenţată de doi parametri. *Pentru a obţine relaţii termodinamice simple*, energiei interne i s-au asociat parametrii T şi V, etnalpiei parametrii T şi p, entropiei parametrii T şi p respectiv T şi V, etnalpiei libere parametrii T şi p, etc.

$$U = U(T, V)\ ; \quad H = H(T, p)\ ; \quad S = S(T, p)\ ;$$
$$S = S(T, V)\ ; \quad G = G(T, p)$$

Aceasta înseamnă că pentru o substanţă pură, mărimile termodinamice de mai sus depind *numai* de doi parametri : temperatura şi presiunea (sau volumul).

În cazul unui mol de gaz perfect (manualele de fizică şi chimie, XI)

$$U = \frac{3}{2} pV = \frac{3}{2} RT\ ;\ H = U + pV = \frac{3}{2} RT + RT = \frac{5}{2} RT.$$

energia internă şi entalpia sînt influenţate numai de temperatură. Variaţia presiunii (sau a volumului) nu afectează aceste mărimi, deoarece forţele intermoleculare sînt nule, încît destinderea sau comprimarea gazelor perfecte nu este însoţită de efecte termice.

În schimb, entropia gazului perfect este influenţată atît de temperatură cît şi de presiune sau volum. Acest lucru se datoreşte faptului că entropia este o măsură a dezordinii moleculare, crescînd odată cu dezordinea.

Dezordinea ↗ Entropia ↗ ; Dezordinea ↘ Entropia ↘

Într-un gaz perfect, sporirea dezordinii este avantajată de creştèrea temperaturii, creşterea volumului sau scăderea presiunii, încît

T ↗ Dezordinea ↗ ; V ↗ Dezordinea ↗ ; p ↘ Dezordinea ↗

Scanned with OKEN Scanner

De aici rezultă că variaţia entropiei cu parametrii T, p, V este în sensul:

$$T \nearrow S \nearrow ; \; p \nearrow S \searrow ; \; V \nearrow S \nearrow$$

Acest rezultat rămîne valabil şi pentru celelalte substanţe, nu numai pentru gazul perfect.

Entalpia liberă G se defineşte prin

$$G = H - TS$$

şi deoarece entropia depinde de T şi p, entalpia liberă a oricărei substanţe va fi influenţată de aceşti parametri.

9)—10). Căldura unei reacţii chimice (inclusiv a reacţiei de formare) este diferenţa dintre entalpia produselor şi entalpia reactanţilor, ţinînd cont de stoechiometrie

$$\Delta H = \sum n_p H_p - \sum n_r H_r$$

Deoarece entalpiile substanţelor sînt influenţate de T şi p, urmează că şi căldura de reacţie (sau căldura de formare) vor fi influenţate de aceşti parametri.

11). Pentru o reacţie în fază gazoasă care decurge la temperaturi mari şi presiuni mici, participanţii la reacţie pot fi aproximaţi ca gaze perfecte. Deoarece entalpia sau energia internă a acestora este influenţată numai de temperatură, căldura procesului va depinde numai de acest parametru.

12). Se calculează cu formula

$$\Delta S = \sum n_p S_p - \sum n_r S_r,$$

iar entropia unei substanţe pure depinde atît de T cît şi de p.

13). $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$. Pentru orice reacţie ΔS depinde de T şi p, încît şi ΔG va fi influenţat de aceşti parametri.

14). Constanta de echilibru K_p nu depinde de presiunile parţiale ale componenţilor (deoarece apar în expresia lui K_p) şi prin urmare nici de presiunea totală (egală cu suma presiunilor parţiale) a amestecului gazos. Ea este influenţată numai de temperatură, $K_p = K_p(T)$

15) $K_x = K_p(T) \cdot p^{-\Delta n}$; Δn — variaţia numărului de moli de gaz, raportată la stoechiometria reacţiei. Depinde de T şi p.

16) $K_c = K_p\,(T) \cdot (RT)^{-\Delta n}$. Depinde numai de temperatură.

17) Ne putem convinge direct printr-un calcul concret, v. RFC, 5 (1980), tipuri de probleme rezolvate.

18).20). Viteza de reacţie este influenţată de toţi factorii amintiţi. Proporţia de amestecare a reactanţilor determină concentr(ţiile acestora, iar viteza depinde de aceste concentraţii.

Prezenţa gazului inert este importantă mai ales la reacţiile dintre gaze. În condiţii izoterm-izobare, gazul inert diluează reactanţii, micşorînd viteza de reacţie. În condiţii izoterm-izocore, prezenţa gazului inert nu modifică concentraţiile substanţelor care reacţioneazl, dar măreşte presiunea totală a amestecului, influenţînd astfel viteza de reacţie.

Scanned with OKEN Scanner

Constanta de viteză depinde de toţi factorii care influenţează viteza, mai puţin aceea care determină concentraţiile substanţelor, iar energia de activare depinde sensibil de natura catalizatorului.

Mărimea	a	b	c	d	e	f	g
1	×	×					
2	×						
3	×	×					
4	×						
5	×	×					
6	×	×					
7	×	×					
8	×	×					
9	×	×					
10	×	×					
11	×						
12	×	×					
13	×	×					
14	×						
15	×	×					
16	×						
17	×	×	×	×			
18	×	×	×	×	×	×	×
19	×	×				×	
20						×	

II. Concentraţia unei soluţii se poate exprima în mai multe feluri:

a) concentraţia în procente de masă, $\%_m$
b) concentraţia în procente de volum, $\%_v$ (la gaze)
c) concentraţia în procente molare, $\%_{mol}$
d) concentraţia molară, mol/litru soluţie
e) concentraţia normală, echivalent/litru soluţie
f) concentraţia molală, mol solvat kg solvent
g) fracţia molară, x_i

Care dintre modurile de exprimare de mai sus sînt influenţate de temperatură şi în ce sens? Presiunea se consideră constantă şi nu se ţine cont de evaporarea solventului la încălzire. Discutaţi raţiunile care au

Scanned with OKEN Scanner

determinat introducerea mai multor moduri de exprimare a concentrației soluțiilor.

Răspuns. La încălzirea soluției, volumul crește (dilatație), dar masa rămîne constantă. De aceea concentrațiile a căror definire implică volumul, vor fi influențate de temperatură. Acestea sînt concentrația molară și concentrația normală, care vor scădea la încălzirea soluției $T \nearrow$ Volumul soluției $\nearrow$ Concentrația molară $\searrow$ Concentrația normală $\searrow$ Celelalte moduri de exprimare a compoziției unei faze sînt independente de temperatură. Procentele de volum la gaze, sînt de asemenea independente de temperatură, deoarece gazele au același coeficient de dilatație, în măsura în care pot fi considerate perfecte.

Rațiunile care au determinat introducerea mai multor moduri de exprimare a concentrației sînt:

1) În funcție de starea de agregare a soluției, se preferă anumite tipuri de concentrații. La soluțiile solide (aliajele) se folosesc frecvent procentele de masă sau procentele molare (eventual fracția molară x_i, legată de procentul molar prin relația: $100x = \%_{mol}$).

La soluțiile lichide se folosesc toate tipurile de concentrații, mai rar procentele de volum.

La soluțiile gazoase, cel mai des concentrația se exprimă prin procente de volum (egale cu procentele molare).

2) În diferite discipline cu caracter chimic, se preferă anumite moduri de exprimare. De exemplu în termodinamica chimică se folosesc acele tipuri de concentrații care sînt independente de temperatură, mai frecvent fiind întîlnită fracția molară și mai rar concentrația molală. Acest lucru se datorește faptului că temperatura este un parametru termodinamic important, încît utilizarea concentrațiilor menționate simplifică calculele termodinamice (operațiile de derivare sau integrare în raport cu T).

În chimia analitică se întrebuințează mai mult concentrația molară sau normală. Acest lucru se explică prin aceea că substanțele reacționează în proporțiile decise de echivalenții lor, ceea ce simplifică calculele de chimie analitică. Aceste concentrații sînt de asemenea folosite și în electrochimie, alături de alte moduri de exprimare.

Pe de altă parte, pentru o soluție, suma procentelor este egală cu 100, iar suma fracțiilor molare este egală cu unitatea. Aceasta face ca numărul parametrilor de concentrație să fie mai mic cu o unitate decît numărul componenților, deoarece concentrația ultimului component rezultă prin scădere din 100 (dacă concentrația se exprimă în procente) sau din unitate (dacă concentrația se exprimă prin fracții molare). Asemenea relații nu există la concentrațiile molară, molală sau normală. Acesta este încă un motiv pentru care fracția molară se folosește deseori în termodinamică.

Scanned with OKEN Scanner

O PARALELĂ ÎNTRE FENOMENELE ELECTRICE ȘI MAGNETICE

Ing. *DAN PETRU DĂNESCU*, București

1. Introducere

Comparația dintre fenomenele electrice și magnetice este îngreunată de condițiile geometrice diferite în care se studiază fenomenele respective. Astfel, însușirea cunoștințelor despre fenomenele electrice se face plecîndu-se de obicei de la sarcini electrice punctuale, avînd o simetrie sferică spre deosebire de studiul fenomenelor magnetice care se face plecîndu-se de la curenți electrici care străbat conductoare filiforme prezentînd simetrie cilindrică.

Din cele relatate, considerăm că ar putea prezenta interes studiul comparativ al fenomenologiei electrice și magnetice în condiții geometrice identice, concluziile rezultate conducînd la o mai bună înțelegere a realității fizice.

2. Aspectele principale ale fenomenelor electrice relevate printr-o problemă prezentînd simetrie cilindrică

O problemă de electrostatică devenită clasică [1]- [2], ne permite să studiem fenomenele electrice într-o simetrie cilindrică:

Să se determine intensitatea cîmpului electric în vid și principalele mărimi electrice determinate de sarcina electrică repartizată uniform, cu

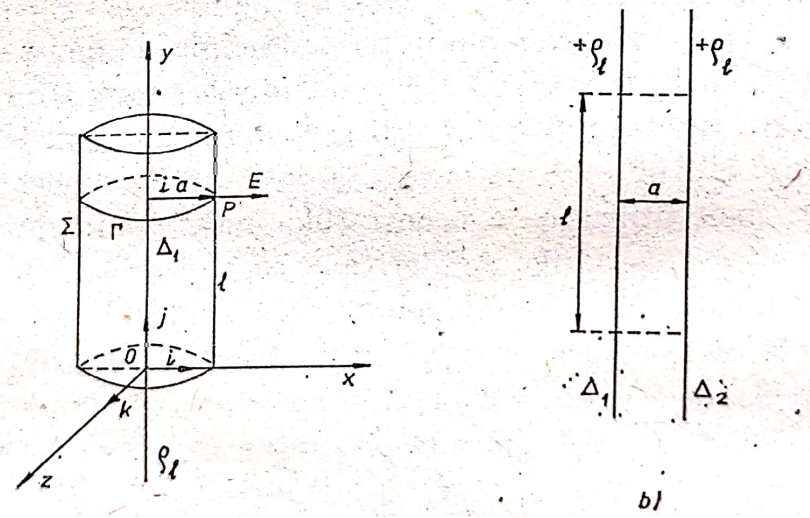


Fig. 1: Schiță pentru determinarea cîmpului electric și principalelor mărimi electrice, raportate la un sistem de referință Oxyz pe care s-au definit vectorii unitari $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$.

densitatea de linie $\rho_l^* = dQ/dl$, pe un conductor filiform Δ_1, rectiliniu, infinit de lung, avînd raza neglijabilă ($b \to 0$), într-un punct situat la distanța a de conductor (fig. 1a).

Pentru rezolvare, cu ajutorul teoremei lui Gauss se calculează mai întîi vectorul cîmp electric.

*) Pentru simplificarea relațiilor considerăm peste tot $\rho_l > 0$.

Scanned with OKEN Scanner

Cîmpul electric în acest caz are în mod evident simetrie cilindrică. Direcţia acestuia este de-a lungul razei a. Modulul vectorului cîmp electric este acelaşi în toate punctele situate la aceeaşi distanţă a de firul Δ_1.

Fie suprafaţa Σ cea a unui cilindru de rază a şi înălţime l, concentrică cu Δ_1. Deoarece fluxul electric prin suprafaţa bazelor este nul iar vectorul $\vec{E}$ este perpendicular pe $\mathrm{d}\vec{A}$ avem

$$\psi = \iint_{\Sigma} \vec{E}\mathrm{d}\vec{A} = E \iint_{\text{Suprț lat.}} \mathrm{d}A = E \cdot 2\pi a l. \tag{1}$$

Pe de altă parte, conform teoremei lui Gauss putem scrie

$$\psi = \frac{1}{\varepsilon_0} Q = \frac{1}{\varepsilon_0} \rho_l \, l. \tag{2}$$

Din (1) şi (2) rezultă cu uşurinţă valoarea cîmpului electric în vid

$$\vec{E} = \frac{\rho_l}{2\pi\varepsilon_0 a} \vec{i}, \tag{3}$$

şi a inducţiei electrice

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} = \frac{\rho_l}{2\pi a} \vec{i}. \tag{4}$$

Pentru calculul potenţialului electric vom pleca de la definiţia sa

$$V_e = -\int_{a_0}^{a} \vec{E}\mathrm{d}\vec{s} = -\frac{\rho_l}{2\pi\varepsilon_0} \int_{a_0}^{a} \frac{a\,\mathrm{d}a}{a^2} = \frac{\rho_l}{2\pi\varepsilon_0} (\ln a_0 - \ln a). \tag{5}$$

Dacă se alege $V = 0$ pentru $a_0 = 1$, atunci expresia potenţialului — denumit şi logaritmic — devine

$$V_e = -\frac{\rho_l}{2\pi\varepsilon_0} \ln a. \tag{6}$$

Forţa de respingere rezultată între conductorul Δ_1 şi un conductor similar Δ_2 avînd aceeaşi densitate de linie a sarcinii electrice ρ_l, situat la distanţa a de conductorul Δ_1, pe lungimea l este (fig. 1b)

$$\vec{F} = Q\vec{E} = \rho_l \, l \cdot \frac{\rho_l}{2\pi\varepsilon_0 a} \vec{i}. \tag{7}$$

Tensiunea electromotoare (U_e) de-a lungul unei curbe Γ care înconjoară cilindrul de rază a este nulă

$$U_e = \Delta \oint_{\Gamma} \vec{E}\,\mathrm{d}\vec{s} = 0, \tag{8}$$

deoarece $\vec{E} \perp \mathrm{d}\vec{s}$.

Densitatea de volum a sarcinii electrice (ρ_v) se poate calcula — cu aproximaţie, datorită faptului că sarcina electrică este distribuită pe suprafaţa conductorului, nu în volumul său — plecînd de la definiţia acesteia

$$\rho_v = \frac{dQ}{dV} \approx \lim_{b\to 0} \frac{\rho_l \, dl}{\pi b^2 dl} = \lim_{b\to 0} \frac{\rho_l}{\pi b^2}. \tag{9}$$

Capacitatea electrică (C') dintre conductoarele Δ_1 şi Δ_2 pe distanţa l este [1]

$$C' = \frac{\pi \varepsilon_0 l}{\ln \frac{a}{b}}. \tag{10}$$

Din ecuaţiile lui Maxwell rezultă,

$$\operatorname{div} \vec{E} = \rho_v, \tag{11}$$

$$\operatorname{rot} \vec{E} = 0, \tag{12}$$

cîmpul electric fiind un cîmp irotaţional.

Densitatea de energie electrică, conform definiţiei este

$$w_e = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}. \tag{13}$$

Toate aceste rezultate inclusiv valoarea sarcinii electrice elementare sînt concentrate, pentru a ne oferi o imagine de ansamblu, în *tabelul* 1.

3. Aspectele principale ale fenomenelor magnetice relevate printr-o problemă similară cu cea din secţiunea 2

Vom formula problema în modul următor:

Să se calculeze intensitatea cîmpului magnetic în vid şi principalele mărimi magnetice, determinate de trecerea unui curent electric I printr-un conductor filiform Δ_1, rectiliniu, infinit lung, avînd raza neglijabilă ($b \to 0$), la distanţa a de conductor (fig. 2a).

Datorită simetriei cilindrice a figurii 2a rezultă că liniile de cîmp ale vectorului $\vec{H}$ vor fi cercuri avînd planurile perpendiculare pe axa firului şi centrele pe aceeaşi axă Δ_1. Tot din motive de simetrie, în orice punct P al unei astfel de linii de cîmp (Γ) mărimea vectorului $\vec{H}$ este aceeaşi.

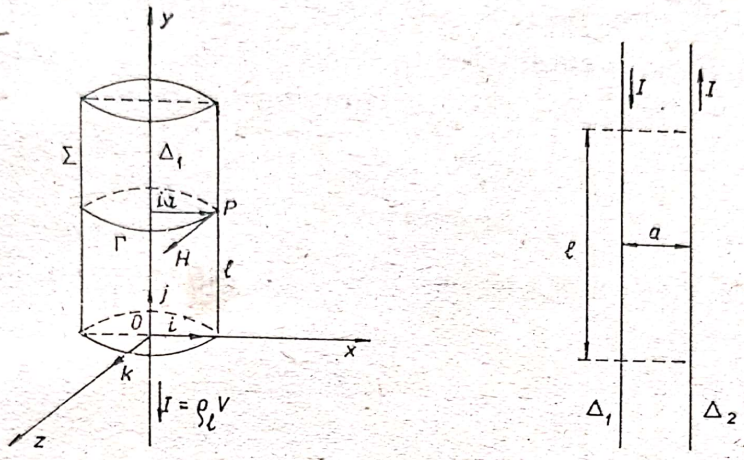
Aplicînd legea circuitului magnetic unei astfel de linii de cîmp Γ care trece prin punctul P, situat la distanţa a de conductorul Δ_1 rezultă

$$U_m = \oint_\Gamma \vec{H} d\vec{s} = H \oint_\Gamma ds = 2\pi a H = I. \tag{14}$$

Scanned with OKEN Scanner

Ținînd seama că vectorul H este perpendicular pe planul figurii 2a și orientat după regula șurubului drept, din (14) avem

$$\vec{H} = \frac{I}{2\pi a}\vec{k}. \tag{15}$$



a) b)

Fig. 2 Schiță pentru determinarea cîmpului magnetic și principalelor mărimi magnetice, raportate la un sistem de referință Oxyz pe care s-au definit vectorii unitari $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$.

Pentru a se putea face o comparație cît mai bună cu fenomenele electrice, vom scrie intensitatea curentului electric astfel

$$I = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} = \frac{\rho_l \,\mathrm{d}l}{\mathrm{d}t} = \rho_l V. \tag{16}$$

Cu această notație, intensitatea cîmpului magnetic devine

$$\vec{H} = \frac{\rho_l V}{2\pi a}\vec{k}, \tag{17}$$

iar inducția magnetică $\vec{B}$

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} = \frac{\rho_l \mu_0 V}{2\pi a}\vec{k}. \tag{18}$$

Fluxul cîmpului magnetic care străbate suprafața laterală a cilindrului (Σ) de rază a avînd ca ax central conductorul Δ_1 este

$$\Phi = 0, \tag{19}$$

deoarece $\vec{H} \perp \mathrm{d}\vec{A}$.

Potențialul vector al unui curent liniar drept I [3] care satisface relația rot $\vec{A} = \vec{B}$, are forma similară cu (6) la care se poate adăuga orice funcție vectorială care are rotorul nul

$$\vec{A} = -\frac{I}{2\pi} \ln a \,\vec{j} + \operatorname{grad} \varphi. \tag{20}$$

Scanned with OKEN Scanner

Ținînd seama și de (16) rezultă

$$\vec{A} = -\frac{\rho_l V}{2\pi} \ln a \, \vec{j} + \text{grad } \varphi. \tag{21}$$

Forța de respingere rezultată între conductorul Δ_1, parcurs de curentul electric I și un conductor similar Δ_2 parcurs de același curent electric I dar avînd sensul contrar, pe lungimea l ($a \ll l$) este (fig. 2b)

$$\vec{F} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi a} l \vec{i} = \frac{\mu_0 \rho_l^2 V^2}{2\pi a} l \vec{i}. \tag{22}$$

Densitatea de curent electric $\vec{J}$ rezultă din definiția acestei mărimi $\left(I = \iint_S \vec{J} \, d\vec{A}\right)$

$$\vec{IJ} = \frac{I}{A} \vec{j} \approx \lim_{b \to 0} \frac{\rho_l V}{\pi b^2} \vec{j}. \tag{23}$$

Din ecuațiile lui Maxwell rezultă apoi

$$\text{div } \vec{H} = 0, \tag{24}$$

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{J} = \rho_v V \vec{j}. \tag{25}$$

Inductanța L dintre conductorii Δ_1 și Δ_2 pe distanța l este [1],

$$L = \frac{\mu_0 l \ln \frac{a}{b}}{\pi}. \tag{26}$$

Densitatea de energie magnetică este similară cu cea din relația (13).

Aceste rezultate inclusiv valoarea momentului magnetic de spin $|\vec{\mu}_S| = \sqrt{3}\mu_B = 1{,}6063172 \cdot 10^{-23}$ J/T au fost trecute în dreapta tabelului 1. Pe coloana din mijloc figurează lungimea de undă Compton maximă asociată electronului.

Tabelul 1 mai conține și relațiile de legătură dintre mărimile electrice și mărimile magnetice corespondente. Aceste relații se obțin simplu, deducerea lor ne mai fiind menționată în lucrare.

Din analiza tabelului 1 se observă clar că din cauza definirii arbitrare a constantelor ε_0 și μ_0 care caracterizează permitivitatea respectiv permeabilitatea vidului în Sistemul Internațional de unități de măsură nu se poate face o paralelă perfectă între fenomenele electrice și cele magnetice.

4. Implicațiile sistemelor de unități în cunoaștere

Cu titlu informativ am transcris tabelul 1 în sistemul de unități de măsură CGS Gauss, cu o singură corecție față de literatura de specialitate, rezultatul fiind tabelul 2. Corecția se referă la valoarea momentului magnetic de spin $\vec{\mu}_S$ care a fost trecută în unități CGSes și nu CGSem.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 1

Sistemul de unități SI ($\varepsilon_0 = 10^7/4\pi c^2 F/m$; $\mu_0 = 4\pi/10^7$ H/m)

ELECTRICITATE	RELAȚII DE LEGĂTURĂ	MAGNETISM
	$\lambda_{C_{max}} = 4{,}8526176 \cdot 10^{-12}$ m	
$e = 1{,}6021891 \cdot 10^{-19}$C	—	Nu există sarcini magnetice elementare
Nu există moment electric elementar	—	$\lvert\vec{\mu}_s\rvert = 1{,}6063172 \cdot 10^{-23}$ J/T
$Q = Ne$	—	Nu există monopol magnetic
$\rho_l = \frac{dQ}{dl}$	$I = \rho_l V$	$I = \rho_l V$
$\rho_v \approx \lim_{b\to 0} \frac{\rho_l}{\pi b^2}$	$\vec{J} = \rho_l V \vec{j}$	$\vec{J} \approx \lim_{b\to 0} \frac{\rho_l}{\pi b^2} V \vec{j}$
$\vec{F}_e = \frac{\rho_l^2 l}{2\pi\varepsilon_0 a} \vec{i}$	$\vec{F}_m = \vec{F}_e \varepsilon_0 \mu_0 V^2$	$\vec{F}_m = \frac{\mu_0 \rho_l^2 l}{2\pi a} V^2 \vec{i}$
$\vec{E} = \frac{\rho_l}{2\pi\varepsilon_0 a} \vec{i}$	$\vec{H} = \vec{E} \times \varepsilon_0 V \vec{j}$	$\vec{H} = \frac{\rho_l}{2\pi a} V \vec{k}$
$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}$	$\vec{B} = \vec{D} \times \mu_0 V \vec{j}$	$\vec{B} = \mu_0 \vec{H}$
$V_e = -\frac{\rho_l}{2\pi\varepsilon_0} \ln a$	$\vec{A} = V_e \varepsilon_0 V \vec{j} + \text{grad } \varphi$	$\vec{A} = -\frac{\rho_l}{2\pi} \ln a \vec{j} + \text{grad } \varphi$
$\psi = \frac{\rho_l l}{\varepsilon_0}$	$U_m = \frac{\psi V}{\varepsilon_0 l}$	$\Phi = 0$
$U_e = 0$		$U_m = \rho_l V$
$\text{div } \vec{E} = \rho_v$	$\text{rot } \vec{H} = \text{div } \vec{E} \cdot V \vec{j}$	$\text{div } \vec{H} = 0$
$\text{rot } \vec{E} = 0$		$\text{rot } \vec{H} = \rho_v V \vec{j}$
$w_e = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}$	$w_e + w_m = \frac{\varepsilon_0 E^2 + \mu_0 H^2}{2}$	$w_m = \frac{\mu_0 H^2}{2}$
$C' = \frac{\pi\varepsilon_0 l}{\ln \frac{a}{b}}$	$C'L = \varepsilon_0 \mu_0 l^9$	$L = \frac{\mu_0 l \ln \frac{a}{b}}{\pi}$

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2

Sistemul de unități CGS Gauss ($\varepsilon_0 = 1$; $\mu_0 = 1$)

ELECTRICITATE	RELAȚII DE LEGĂTURĂ	MAGNETISM
	$\lambda_{C_{max}} = 4{,}8526176 \cdot 10^{-10}$ cm.	
$e = 4{,}8032421 \cdot 10^{-10}$ Fr.	←	Nu există sarcini magnetice elementare
Nu există moment electric elementar	→	$\lvert\vec{\mu_s}\rvert = 4{,}8156180 \cdot 10^{-10}$ u·CGS es
$Q = Ne$	–	Nu există monopol magnetic
$\rho_l = \dfrac{dQ}{dl}$	$I = \rho_l V$	$I = \rho_l V$
$\rho_v \approx \lim\limits_{b\to 0} \dfrac{\rho_l}{\pi b^2}$	$\vec{J} = \rho_v V \vec{j}$	$\vec{J} \approx \lim\limits_{b\to 0} \dfrac{\rho_l}{\pi b^2} \vec{j}$
$\vec{F}_e = \dfrac{2\rho_l^2 l}{a} \vec{i}$	$\vec{F}_m = \vec{F}_e \left(\dfrac{V}{C}\right)^2$	$\vec{F}_m = \dfrac{2\rho_l^2 l}{a} \left(\dfrac{V}{C}\right)^2 \vec{i}$
$\vec{E} = \dfrac{2\rho_l}{a} \vec{i}$	$\vec{H} = \vec{E} \left(\dfrac{V}{C}\right) \times \vec{j}$	$\vec{H} = \dfrac{2\rho_l}{a} \left(\dfrac{V}{C}\right) \vec{k}$
$\vec{D} = \vec{E}$	$\vec{B} = \vec{D} \left(\dfrac{V}{C}\right) \times \vec{j}$	$\vec{B} = \vec{H}$
$V_e = -2\rho_l \ln a$	$\vec{A} = V_e \left(\dfrac{V}{C}\right) \vec{j} + \text{grad}\,\varphi$	$\vec{A} = -2\rho_l \ln a \left(\dfrac{V}{C}\right) \vec{j} + \text{grad}\,\varphi$
$\Psi = 4\pi \rho_l l$	$U_m = \dfrac{\Psi}{l} \left(\dfrac{V}{C}\right)$	$\Phi = 0$
$U_e = 0$		$U_m = 4\pi \rho_l \left(\dfrac{V}{C}\right)$
$\text{div}\,\vec{E} = 4\pi\rho_v$	$\text{rot}\,\vec{H} = \text{div}\,\vec{E} \left(\dfrac{V}{C}\right) \vec{j}$	$\text{div}\,\vec{H} = 0$
$\text{rot}\,\vec{E} = 0$		$\text{rot}\,\vec{H} = 4\pi\rho_v \left(\dfrac{V}{C}\right) \vec{j}$
$w_e = \dfrac{E^2}{8\pi}$	$w_e + w_m = \dfrac{E^2 + H^2}{8\pi}$	$w_m = \dfrac{H^2}{8\pi}$
$C' = \dfrac{l}{4 \ln \dfrac{a}{b}}$	$LC' = \dfrac{l^2}{C^2}$	$L = \dfrac{l\, 4 \ln \dfrac{a}{b}}{C^2}$

Scanned with OKEN Scanner

Momentul magnetic amperian al unei mici bucle de curent (m) din care se deduce magnetonul Bohr-Procopiu și momentul magnetic de spin al electronului, în cazul general este scris greșit în manualele și tratatele de specialitate ca fiind produsul dintre curentul electric I, vectorul arie $\vec{A}$ (suprafața orientată după regula șurubului drept care mărginește bucla) și așa zisa constantă a lui Gauss γ_0($\gamma_0 = 1/C$ în sistemul de unități CGS Gauss și egală cu unitatea în restul sistemelor de unități)

$$\vec{m}_b = \gamma_0 I \vec{A}. \tag{27}$$

Constanta γ_0 nu face parte integrantă din definiția momentului magnetic deoarece conform teoremei echivalenței un mic corp magnetizat de moment magnetic $\vec{m}_b$ și o buclă de curent a cărei intensitate este I, avînd vectorul arie $\vec{A}$ pot fi echivalente. Cu alte cuvinte considerăm că relația corectă este fără factorul γ_0 (ca în sistemul CGSes unde $\gamma_0 = 1$)

$$\vec{m}_b = I \vec{A}, \tag{28}$$

această constantă transferîndu-se în relația cuplului

$$\vec{C}_b = \gamma_0 \vec{m}_b \times \vec{B}. \tag{29}$$

Datorită acestui transfer al constantei γ_0 în formula cuplului (care se făcea și dacă γ_0 era inclusă în $\vec{m}_b$), bucla de curent și micul corp magnetizat sînt echivalente atît din punctul de vedere al acțiunilor mecanice exercitate asupra lor, cît și din punctul de vedere al cîmpului magnetic produs de ele (În relația cîmpului intervine de asemenea γ_0).

Comparînd tabelele 1 și 2 se observă ușor că tabelul 2 este mult mai edificator comparativ cu tabelul 1.

În tabelul 2 apare clar caracterul relativist, evidențiat de factorul V/C, al fenomenelor magnetice, precum și aspectul ontologic al fenomenelor electrice.

De altfel, o serie de autori au arătat de mult acest lucru. Iată ce se spune în [3]: „Tratarea materialului se face dezvoltînd și sistemul CGS din cauza marii lui răspîndiri și deoarece Sistemul Internațional ascunde caracterul electromagnetic și relativist al forțelor magnetice".

În etapa actuală, evident, nu se pune problema schimbării sistemului SI pentru care au fost făcute investiții importante privind dotarea cu diferite etaloane, instalații și metodologii pentru transmiterea etaloanelor etc. Cunoașterea limitelor de aplicare ale acestui sistem trebuie cunoscute însă, aceasta ajutînd la o înțelegere mai bună a realității fizice. De altfel, cunoscîndu-se aceste limite, prin calcule simple, se poate face conversia de la sistemul SI la sistemul CGS Gauss (cu amendamentul menționat) în cazul lucrărilor teoretice.

5. Concluzii

Simetria cilindrică oferă posibilitatea unei comparații ideale între electricitate și magnetism. Scrierea curentului electric sub forma $I = \rho_l V$ permite adîncirea acestei comparații.

Scanned with OKEN Scanner

Utilizarea sistemului de unităţi CGS Gauss în care momentul magnetic amperian este definit sub forma $\vec{m}_b = I\vec{A}$, permite evidenţierea caracterului relativist (factorul V/C) al fenomenelor magnetice. Totodată rezultă cu claritate egalitatea valorică dintre lungimea de undă Compton maximă a electronului, sarcina electrică a electronului şi momentul magnetic de spin al electronului. Această egalitate valorică relevată în tabelul 2 precum şi într-o serie de lucrări [4], [5], [6], permite o interpretare plauzibilă a structurii sarcinii electrice a electronului în acord cu simetria CPT [7].

În încheiere menţionăm că simetria cilindrică nu este generalizabilă la scară cosmologică. Avem de-a face în acest caz cu o simetrie sferică în tratarea electromagnetismului —simetria corpurilor cereşti. Trecerea de la simetria cilindrică la simetria sferică depăşeşte însă scopul propus al acestei scrieri.

BIBLIOGRAFIE

1. *R. Răduleţ*, Bazele electrotehnicii — probleme, Vol. 1, Edit. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1963.
2. *A. Ţimotin, V. Hortopan, A. Ifrim, M. Preda*, Lecţii de bazele electrotehnicii, Edit. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1970.
3. *Al. Nicula*, Electricitate şi magnetism, Edit. didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1973
4. *D. P. Dănescu*, Constantele fizice fundamentale ale electronului, Buletin de fizică şi chimie, anul II Vol. II, 1978.
5. *D. P. Dănescu*, Sistemele de unităţi de măsurare şi aspectul relativist al fenomenelor electromagnetice, Studii şi cercetări de fizică, 6, 30, 1978.
6. *D. P. Dănescu*, Spin of the electron interpreted as a revolution and a translation motion. Elementary electric charge structure and CPT symmetry, preprint IFA nr 19/1977, Bucureşti.
7. *D. P. Dănescu*, Efectul Compton şi structura sarcinii electrice elementare. Implicaţii epistemologice, Rev. înv. sup. FORUM, nr. 11, 1979.

TEST „CU SĂGEŢI", PENTRU VERIFICAREA CUNOŞTINŢELOR DE ECHILIBRU CHIMIC OMOGEN, ÎN SOLUŢIE LICHIDĂ (cls. XI)

Lector dr. *V. VOICULESCU*, Craiova

Folosind un litru de soluţie diluată de amoniac cu concentraţia 0,1 m, aflată în condiţii standard de temperatură şi presiune, se efectuează experienţele indicate în tabelul următor.

a) Precizaţi sensul în carese vor modifica mărimile de echlibru din tabelul alăturat. Cu „Ech" s-a notat echilibrul de disociere a amoniacului respectiv apei.

Ech 1	$NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows NH^+_{4(aq)} + OH^-$			
$\Delta H^0_{f,298}$, kJ/mol	80,28	285,84	132,80	229,94

* Universitate

Scanned with OKEN Scanner

Experiența	Ech 1	Ech 2	K_b	α_{NH_3}	$[NH_3]$	$[NH_4^+]$	$[OH^-]$	$[H^+]$	K_{H_2O}	pH	pOH
1) Soluția se răcește al 20°C											
2) Prin soluție se barbotează aer											
3) Prin soluție se barbotează NH_3											
4) Se adaugă un litru apă											
5) Se dizolvă 0,1 mol NH_4Cl											
6) Se dizolvă 0,1 mol NaOH											
7) Se adaugă 0,1 mol $AgNO_3$											
8) Se dizolvă 0,05 mol K_2O											
9) Se adaugă 250 ml soluție 0,2 *m* HCl											
10) Se dizolvă 01, mol $CoCl_2$											
11) Se adaugă 0,05 mol BaCl											

Ech 2 $H_2O_{(l)} \rightleftarrows H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

$\Delta H^0_{f,298}$ 285,84 0 229,94

Pentru celelalte mărimi s-a folosit notația din manualul de chimie, cl s XI-a.

Răspunsurile vor fi trecute în tabel sub forma : ↗ — mărimea crește, ↘ — mărimea scade, ct — mărimea este constantă, → echilibrul se deplasează la dreapta, ← echilibrul se deplasează la stînga.

Indicați situațiile echivalente sub aspectul efectelor asupra mărimilor de echilibru.

b) Calculați mărimile de echilibru din tabel, în cazul soluției inițiale și a soluției rezultate în urma experienței 9. Se dau :

$$K_b = 1{,}8 \cdot 10^{-5}\ \text{mol/l};\quad K_{H_2O} = 1{,}27 \cdot 10^{-14}\ \text{mol}^2/l^2$$

Rezolvare. În cazul experiențelor 1)—4), 6), 8) și 11), singurele echilibre din soluție sînt cele de disociere a amoniacului, respectiv apei

(1) $NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows NH^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$ Ech 1 ; $K_b = 1{,}8 \cdot 10^{-5}\ \frac{\text{mol}}{\text{l}}$

(2) $H_2O_{(l)} \rightleftarrows H^+_{4(aq)} + OH^-_{(aq)}$ Ech 2 ; $K_{H_2O} = 1{,}27 \cdot 10^{-14}\ \frac{\text{mol}^2}{\text{l}^2}$

Scanned with OKEN Scanner

La experiența 5) mai apare și echilibrul de hidroliză a sării

(3) $NH_{4(aq)}^{+} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows NH_4OH + H_{(aq)}^{+}$ Ech 3 ; $K_h = 7{,}1 \cdot 10^{-10}$ mol/l

$$\Updownarrow$$

$$NH_{4(aq)}^{+} + OH_{(aq)}^{-}$$

Dar reacțiile (1)—(3) nu sînt independente. E tot una cu a spune că între constantelelor de echilibru există relația (v. și R.F.C. 3/1980)

$$K_b = K_H / K_h \quad \text{(Manual Chimie, XI)}$$

iar după înlocuire

$$K_h = 1{,}27 \cdot 10^{-14} / 1{,}8 \cdot 10^{-5} = 7{,}1 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}$$

Constantele de echilibru K_b, K_{H_2O}, K_h au valori foarte mici, ceea ce înseamnă că echilibrele corespunzătoare sînt puternic deplasate la stînga.

În experiențele 7) și 10), pe lîngă echilibrele (1) și (2), mai apare echilibrul de complexare a argintului

(4) $$Ag_{(aq)}^{+} + 2NH_{3(aq)} \rightleftarrows Ag(NH_3)_{2(aq)}^{+}$$ Ech 4

respectiv cobaltului

(5) $$Co_{(aq)}^{2+} + 6NH_{3(aq)} \rightleftarrows Co(NH_3)_{6(aq)}^{2+}$$ Ech 5

În cazul experienței 9), ținînd cont de proporția de amestecare a celor două soluții, întreaga cantitate de acid se consumă, neutralizînd jumătate din cantiatea de amoniac

$$0{,}05\ HCl + 0{,}05\ NH_4OH \rightarrow 0{,}05\ NH_4Cl + 0{,}05\ H_2O$$

În acest fel, în 1,25 litri soluție, după neutralizare, vom avea : 0,05 moli NH_4Cl și 0,05 moli NH_4OH, iar în sistem vor funcționa echilibrele exprimate prin reacțiile (1)—(3).

Sensul de variație a mărimilor de echilibru, este indicat prompt de principiul lui Le Chatelier care va fi aplicat în continuare, în situațiile menționate în enunț.

Ar mai fi de precizat că constantele de echilibru K_b și K_{H_2O} menționate în test, sînt influențate de temperatură, dar sînt independente de concentrațiile speciilor participante la echilibru, în măsura în care soluțiile pot fi considerate diluate.

În același timp, concentrațiile de echilibru ale speciilor ionice sau moleculare, trebuie să satisfacă simultan toate echilibrele care se realizează în soluție.

Exp. 1. Disocierea amoniacului și a apei sînt reacții endoterme

Ech 1 ; $\Delta H_{298}^{0} = -229{,}94 - 132{,}80 + 285{,}84 + 80{,}29 = 3{,}39$ kJ

Ech 2 $\Delta H_{298}^{0} = -229{,}94 + 295{,}84 = 55{,}9$ kJ

De aceea, la răcire, ambele echilibre se vor deplasa la stînga, iar constantele de echilibru K_b și K_{H_2O} vor scădea. De menționat că produsul ionic

al apei va avea o scădere mai pronunțată decît constanta de bazicitate a amoniacului, dacă ținem cont de efectele termice ale celor două reacții. Gradul de disociere a amoniacului scade, iar sensul de variație al celorlalte mărimi este prezentat în tabel.

Exp. 2. Aerul care barbotează prin soluție, va antrena o parte din amoniacul dizolvat fizic, iar concentrația soluției va scădea. Deoarece $[NH_3]$ scade, Ech 1 se va deplasa la stînga, micșorînd $[OH^-]$ și $[NH_4^+]$. Gradul de disociere α_{NH_3} crește pe măsură ce soluția se diluează. Constantele de echilibru K_b și K_{H_2O} se păstrează constante, deoarece procesul este izoterm.

Micșorarea concentrației ionilor OH^-, face ca echilibrul de disociere a apei să se deplaseze la dreapta, mărind concentrația ionilor H^+ și micșurînd *p*H-ul soluției. Corespunzător, *p*OH-ul soluției va crește.

Exp. 3. La barbotarea amoniacului prin soluție, concentrația amoniacului dizolvat fizic, $[NH_3]$, are tendință de creștere, iar Ech 1 se va deplasa spre dreapta. Concentrațiile ionilor NH_4^+ și OH^- cresc cu concentrația „c" a soluției, după relația din manual.

$$[NH_4^+] = [OH^-] = -\frac{K_b}{2} + \left(\frac{K_b^2}{4} + K_b \cdot c\right)^{1/2} \qquad (1)$$

Creșterea concentrației ionilor OH^-, regresează echilibrul de disociere a apei, care se va deplasa astfel spre stînga, micșorînd concentrația ionilor H^+ și mărind *p*H-ul soluției. Deoarece concentrația soluției crește, gradul de disociere a amoniacului scade. Efectele apărute în exp 2 și exp 3 sînt de sens opus.

Exp. 4. Adăugînd apă, Ech 1 se deplasează la dreapta, dar concentrațiile speciilor NH_4^+, OH^-, NH_3 scad, față de soluția inițială (v. relația 1). De aceea, echilibrul de disociere a apei se va deplasa spre dreapta, mărind concentrația ionilor H^+ și micșorînd *p*H-ul. Gradul de disociere a amoniacului va crește, deoarece soluția a devenit mai diluată.

Exp. 5. La dizolvarea NH_4Cl în apă, se formează o soluție tampon, stabilindu-se simultan echilibrele (1)—(3). Datorită disocierii totale a sării, concentrația ionilor NH_4^+ crește foarte mult, deplasînd echilibrul de disociere a amoniacului la stînga (α scade). De asemenea, scade $[OH^-]$ și crește puțin $[NH_3]$. Micșorarea concentrației ionilor OH^-, deplasează Ech 2 spre dreapta, mărind $[H^+]$ și micșorînd *p*H-ul soluției. Corespunzător, valoarea *p*H-ului va crește. Pentru calcule cantitative vezi punctul b)

Exp. 6. Prin dizolvarea NaOH, concentrația ionilor OH^- crește foarte mult, regresînd ambele echilibre. $[NH_3]$ crește, $[NH_4^+]$ scade, α_{NH_3} scade. K_b și X_{H_2O} păstrează valori constante, deoarece sînt influențate numai de temperatură, fiind independente de concentrațiile speciilor. Ca urmare a deplasării Ech 2 la stînga, $[H^+]$ va scădea, iar *p*H-ul crește.

Exp. 7 și 10. Prin realizarea echilibrelor de complexare, $[NH_3]$ scade, iar Ech 1 se deplasează la stînga. Corespunzător, vor scădea $[NH_4^+]$ și $[OH^-]$. Scăzînd concentrația amoniacului dizolvat fizic în soluție, gradul de disociere va crește. Micșorarea $[OH^-]$, atrage după sine deplasarea Ech 2 spre dreapta, mărind $[H^+]$.

Scanned with OKEN Scanner

Exp. 8 După realizarea reacţiei chimice

$$K_2O + H_2O \rightarrow 2KOH.$$

rezultă o situaţie echivalentă cu cea de la Exp. 6

Exp. 9 La amestecarea a un litru soluţie 0,1 *m* NH_4OH cu 0,25 litri soluţie 0,2 *m* HCl, după neutralizare, rezultă 1,25 litri soluţie conţinînd 0,05 moli NH_4Cl şi 0,05 moli NH_4OH, deci un amestec tampon. Situaţia este echivalentă cu cea de la Exp. 5. Numai că în acest caz $[NH_3]$ scade ca urmare a reacţiei de neutralizare, iar Ech 1 se deplasează la dreapta datorită consumării ionilor OH^- prin reacţia de neutralizare. Calculele concrete sînt făcute la punctul b).

Exp. 11. Dizolvarea NaCl nu afectează cu nimic mărimile de echilibru. Rezultatele obţinute sînt reunite în tabelul de mai jos :

Exp.	Ech 1	Ech 2	K_b	α_{NH_3}	$[NH_3]$	$[NH_4^+]$	$[OH^-]$	$[H^+]$	K_{H_2O}	*p*H	*p*OH
1	←	←	↘	↘	↗	↘	↘	↘	↘	↗	↗
2	←	→	ct	↗	↘	↘	↘	↗	ct	↘	↗
3	→	←	ct	↘	↗	↗	↗	↘	ct	↗	↘
4	→	→	ct	↗	↘	↘	↘	↗	ct	↘	↗
5	←	→	ct	↘	↗	↗	↘	↗	ct	↘	↗
6	←	←	ct	↘	↗	↘	↗	↘	ct	↗	↘
7	←	→	ct	↗	↘	↘	↘	↗	ct	↘	↗
8	←	←	ct	↘	↗	↘	↗	↘	ct	↗	↘
9	→	→	ct	↘	↘	↗	↘	↗	ct	↘	↗
10	→	→	ct	↗	↘	↘	↘	↗	ct	↘	↗
11	ct	ct	ct	ct	ct	ct	ct	ct	ct	ct	ct

b) Soluţia iniţială de amoniac, are concentraţia 0,1 mol/litru. Conform manualului :

$$[NH_4^+] = [OH^-] = -\frac{K_b}{2} + \left(\frac{K_b^2}{4} + K_b \cdot c\right)^{1/2} = -0{,}9 \cdot 10^{-5} +$$

$$+ \left(\frac{1{,}8^2 \cdot 10^{-10}}{4} + 1{,}8 \cdot 10^{-5} \cdot 0{,}1\right)^{1/2} = 1{,}33 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}; \; pOH = -$$

$$- \lg [OH^-] = - \lg 1{,}33 \cdot 10^{-3} = 2{,}88;$$

$$[NH_3] = 0{,}1 - 1{,}33 \cdot 10^{-3} = 0{,}1 \text{ mol/l}$$

$$[H^+] = K_{H_2O}/[OH^-] = 1{,}27 \cdot 10^{-14}/1{,}33 \cdot 10^{-3} = 9{,}55 \cdot 10^{-12} \text{ mol/l}$$

$$pH = - \lg 9{,}55 \cdot 10^{-12} = 11{,}02; \; \alpha_{NH_3} = \frac{[OH^-]}{[NH_3] + [OH^-]} = \frac{1{,}33 \cdot 10^{-3}}{0.1} =$$

Scanned with OKEN Scanner

Soluția tampon rezultată în urma experienței 9, are volumul egal cu 1,25 litri și conține 0,05 moli NH_3 și 0,05 moli NH_4Cl. Prin urmare, concentrația soluției este:

$$[NH_3] = \frac{0,05}{1,25} = 0,04 \text{ mol/l}; \quad [NH_4Cl] = \frac{0,05}{12,5} = 0,04 \text{ mol/l}$$

În această soluție, concentrațiile speciilor trebuie să satisfacă simultan Ech 1, Ech 2 și E h 3. Constanta de hidroliză a sării este foarte mică. Cu alte cuvinte, sarea este foarte puțin hidrolizată. Constanta de disociere a amoniacului se scrie:

$$K_b = \frac{[OH^-][NH_4^+]}{[NH_3]}; \quad [OH^-] = \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} K_b$$

Deoarece amoniacul disociază puțin, iar sarea este practic nehidrolizată

$$[NH_3] \simeq 0,04 \text{ mol/l}; \quad [NH_4^+] \simeq 0,04 \text{ mol/l}$$

după înlocuire se obține:

$$[OH^-] = \frac{0,04}{0,04} 1,8 \cdot 10^{-5} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}; \; pOH = 4,74$$

$$[H^+] = K_{H_2O}/[OH^-] = 1,27 \cdot 10^{-14}/1,8 \cdot 10^{-5} = 7,1 \cdot 10^{-10} \text{ mol/l}; \; pH = 9,15$$

$$\alpha_{NH_3} = \frac{[OH^-]}{[NH_3 + [OH^-]} = \frac{1,8 \cdot 10^{-5}}{0,04} = 4,5 \cdot 10^{-4}$$

UNDE GRAVITAȚIONALE

Prof. *CORNELIU D. CIUBOTARIU* *, Iași

1. Polarizarea undei gravitaționale

Încă din anul 1916, Einstein a arătat ca teoria relativității generale prezice existența undelor gravitaționale ale căror proprietăți sînt analoage proprietăților undelor electromagnetice. Un cîmp gravitațional variabil care este creat, de exemplu, de un corp în mișcare accelerată, „se desprinde" de acest corp și se propagă independent în spațiu sub formă de undă avînd aceeași viteză pe care o au undele electromagnetice, adică viteza luminii. Cînd o undă gravitațională întîlnește un corp a cărui masă joacă, evident, rolul unei „sarcini" gravitaționale, unda îi comunică o accelerație. De asemenea, dacă o undă gravitațională pătrunde într-un ansamblu de particule, ce se află inițial în repaus unele în raport cu celelalte, acestea capătă o mișcare relativă a cărei direcție este perpendiculară

* Institutul Politehnic

Scanned with OKEN Scanner

pe direcţia de propagare a undei. Cu alte cuvinte, unda gravitaţională este transversală.

Undele gravitaţionale sînt polarizate producînd, deci, acceleraţii dirijate perpendicular pe direcţia de propagare şi din acest punct de vedere ele sînt analoage undelor electromagnetice. Există însă o deosebire esenţială în ceea ce priveşte proprietăţile de polarizare ale celor două

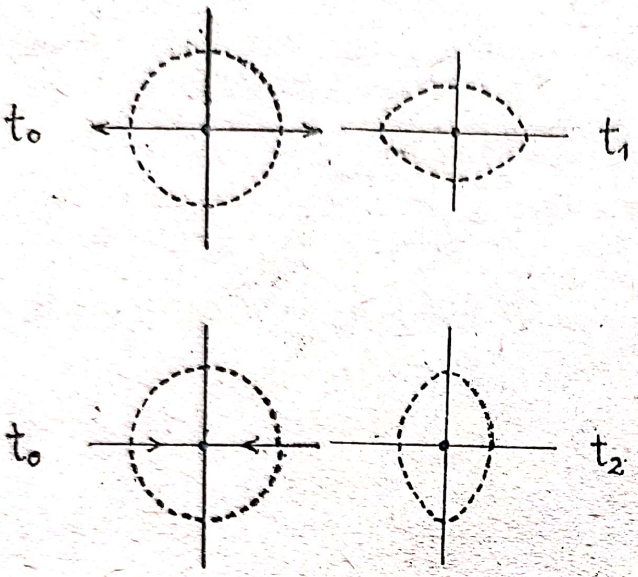


Fig. 1

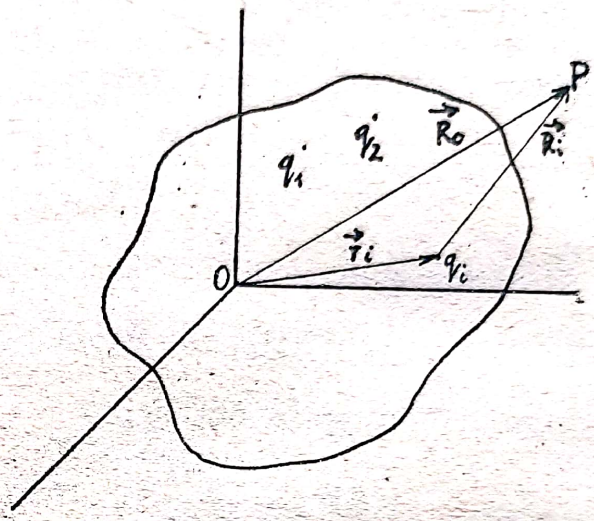


Fig. 2

tipuri de unde. Pentru a înţelege acest lucru să considerăm că într-un ansamblu de particule în repaus, încărcate electric, pătrunde o undă electromagnetică polarizată liniar. Toate particulele vor începe să oscileze de-alungul unei direcţii unice care împreună cu direcţia de propagare, determină planul de polarizare al undei electromagnetice. Dacă, însă o undă gravitaţională pătrunde într-un ansamblu de particule aflate iniţial în repaus, particulele intră într-o mişcare relativă şi alegînd oricare din particule drept sistem de referinţă, particulele din vecinătatea acesteia, din stînga şi din dreapta, se pot îndepărta în sensuri opuse una de cealaltă, iar particulele de deasupra şi de dedesubt se pot apropia una de alta. În momentul imediat următor apare situaţia inversă : particulele de pe orizontală se apropie, iar cele de pe verticală se îndepărtează. Dacă presupunem că unda gravitaţională se propagă perpendicular pe planul desenului, în fig. 1 se arată că, de exemplu, particulele care formau în momentul iniţial un cerc în jurul unei particule alese în mod arbitrar, vor forma o elipsă după acţiunea undei gravitaţionale.

Prin urmare, polarizarea undei gravitaţionale nu poate fi definită numai cu un plan de polarizare ; este necesară precizarea a două direcţii reciproc perpendiculare şi, totodată, normale la direcţia de propagare.

2. Ce este radiaţia cvadripolară

Vom continua în studiul radiaţiei undelor gravitaţionale, analogia cu undele electromagnetice. Să considerăm un ansamblu (o distribuţie) de sarcini electrice punctiforme $q_1, q_2, \ldots, q_k$ (fig. 2) şi să alegem un sistem de coordonate cu originea O, undeva în „mijlocul" ansamblului

de sarcini. Fie R_0 raza vectoare a unui punct de observaţiei P în care ne propunem să calculăm potenţialul electric. Dacă notăm cu ($r_i = 1, 2, 3, \ldots k$) razele vectoare ale sarcinilor q_i, atunci distanţele dintre sarcini şi punctul P vor fi determinate de relaţia

$$\vec{R_i} = \vec{R_0} - \vec{r_i}. \tag{1}$$

În conformitate cu o formulă cunoscută din electrostatică, potenţialul electric creat de distribuţia de sarcini în punctul P este

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sum_{i=1}^{k} \frac{q_i}{\vec{R_0} - \vec{r_i}}. \tag{2}$$

La distanţe mari de sarcinile distribuţiei, cînd $R_0 \gg r_i$, expresia (2) poate fi dezvoltată în serie după puterile lui $\frac{1}{R_0}$ şi se obţine relaţia:

$$V = V_0 + V_1 + V_2 + \ldots + V_n + \ldots \tag{3}$$

unde termenul V_n este proporţional cu $1/R_0^{n+1}$. Primul termen

$$V_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{R_0} \sum_i q_i \tag{4}$$

reprezintă potenţialul coulombian *unipolar*, adică potenţialul creat de o sarcină concentrată într-un punct. Al doilea termen este potenţialul *dipolar*, analog celui creat de un dipol (sistem format din două sarcini electrice egale şi de semn contrar Fig. 3) iar al treilea termen corespunde unui cvadripol care reprezintă un ansamblu format din patru sarcini electrice (fig. 4). Generalizînd se poate spune că V_n este asociat unui 2^n — pol electric. Multipolii electrici(unipolul, dipolul, cvadripolul, etc.) se

Fig. 3

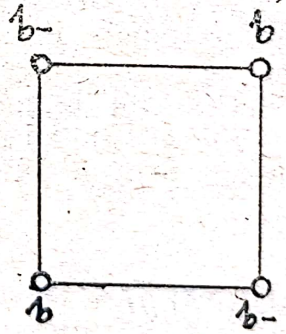


Fig. 4

caracterizează prin momentele electrice corespunzătoare. De exemplu, dipolul din fig. 3 are momentul:

$$p = q \cdot l \tag{5}$$

l fiind distanţa dintre sarcini.

Radiaţia electromagnetică apare de la o distribuţie nestaţionară de sarcini electrice în care particulele încărcate se mişcă accelerat unele în raport cu celelalte. S-a demonstrat că energia emisă prin unde electro-

de sarcini. Fie R_0 raza vectoare a unui punct de observaţiei P în care ne propunem să calculăm potenţialul electric. Dacă notăm cu ($r_i = 1, 2, 3, \ldots k$) razele vectoare ale sarcinilor q_i, atunci distanţele dintre sarcini şi punctul P vor fi determinate de relaţia

$$\vec{R_i} = \vec{R_0} - \vec{r_i}. \tag{1}$$

În conformitate cu o formulă cunoscută din electrostatică, potenţialul electric creat de distribuţia de sarcini în punctul P este

$$V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \sum_{i=1}^{k} \frac{q_i}{\vec{R_0} - \vec{r_i}}. \tag{2}$$

La distanţe mari de sarcinile distribuţiei, cînd $R_0 \gg r_i$, expresia (2) poate fi dezvoltată în serie după puterile lui $\frac{1}{R_0}$ şi se obţine relaţia:

$$V = V_0 + V_1 + V_2 + \ldots + V_n + \ldots \tag{3}$$

unde termenul V_n este proporţional cu $1/R_0^{n+1}$. Primul termen

$$V_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{1}{R_0} \sum_i q_i \tag{4}$$

reprezintă potenţialul coulombian *unipolar*, adică potenţialul creat de o sarcină concentrată într-un punct. Al doilea termen este potenţialul *dipolar*, analog celui creat de un dipol (sistem format din două sarcini electrice egale şi de semn contrar Fig. 3) iar al treilea termen corespunde unui cvadripol care reprezintă un ansamblu format din patru sarcini electrice (fig. 4). Generalizînd se poate spune că V_n este asociat unui 2^n — pol electric. Multipolii electrici(unipolul, dipolul, cvadripolul, etc.) se

Fig. 3

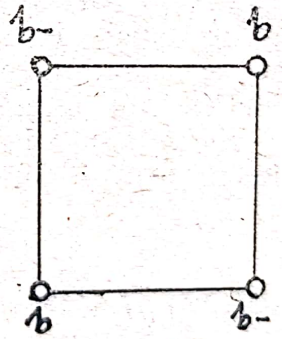


Fig. 4

caracterizează prin momentele electrice corespunzătoare. De exemplu, dipolul din fig. 3 are momentul:

$$p = q \cdot l \tag{5}$$

l fiind distanţa dintre sarcini.

Radiaţia electromagnetică apare de la o distribuţie nestaţionară de sarcini electrice în care particulele încărcate se mişcă accelerat unele în raport cu celelalte. S-a demonstrat că energia emisă prin unde electro-

Scanned with OKEN Scanner

magnetice de astfel de distribuţii este proporţională cu derivatele în raport cu timpul ale momentelor electrice. De exemplu, dacă sarcinile $+q$ şi $-q$ din figura 3 ar oscila (în opoziţie de fază) în jurul punctului O, ceea ce ar constitui un aşa-numit *oscilator Hertz* (sau o antenă obişnuită de emisie radio), energia radiată în toate direcţiile în unitatea de timp, adică intensitatea sau puterea radiaţiei, are expresia:

$$P = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}\frac{1}{6\pi c^2}\left(\frac{\mathrm{d}^2 p}{\mathrm{d}t^2}\right)^2 \qquad (6)$$

unde $\mathrm{d}^2p/\mathrm{d}t^2 = q\,\mathrm{d}^2l/\mathrm{d}t^2$, şi deci este proporţională cu pătratul acceleraţiei sarcinilor electrice. Deoarece, din experienţă, se cunoaşte că sarcina electrică totală a unei distribuţii izolate rămîne constantă, indiferent de starea de mişcare a sarcinilor componente (principiul conservării şi invarianţei sarcinii electrice), se poate afirma că momentul de unipol, adică $\sum_i q_i$, este constant şi nu contribuie la radiaţia electromagnetică. Prin urmare, în primă aproximaţie, radiaţia electromagnetică se datorează variaţiei unui moment dipolar sau, cum se mai spune, este o *radiaţie dipolară*. Dacă, de exemplu, ne referim la un sistem format din doi electroni, şi acest sistem poate emite, însă energia radiată de ei este mult mai slabă decît cea corespunzătoare unui sistem format dintr-un electron şi un pozitron sau un pozitron şi un proton. Se mai poate arăta că dacă într-un sistem de sarcini toate particulele au aceeaşi sarcină specifică, q/m, atunci intensitatea radiaţiei scade rapid aproximativ de $(\lambda/a)^2$ ori, unde λ este lungimea de undă, iar a reprezintă dimensiunea sistemului. Această scădere se produce deoarece într-un astfel de sistem, centrul său de masă coincide cu centrul sarcinilor şi el se comportă aproape ca o sarcină imobilă.

În cazul radiaţiei gravitaţionale toate particulele au aceeaşi „sarcină specifică", m_g/m_i, în virtutea principiului echivalenţei şi, din acest motiv radiaţia gravitaţională este, în primă aproximaţie, doar cvadripolară. Pentru a înţelege mai bine acest lucru să considerăm, ca în cazul radiaţiei electromagnetice, un asamblu de corpuri avînd masele $m_1, m_2, \ldots, m_k$ cu scopul de a studia radiaţia gravitaţională a acestora. Fie, pentru simplitate, un sistem alcătuit din două mase, m_1 şi m_2, legate printr-un resort care să le permită o mişcare oscilatorie (fig. 5).

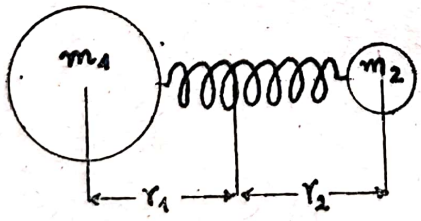


Fig. 5

Legea conservării impulsului arată că:

$$m_1\frac{\mathrm{d}\vec{r}_1}{\mathrm{d}t} + m_2\frac{\mathrm{d}\vec{r}_2}{\mathrm{d}t} = \text{constant} \qquad (7)$$

sau, derivînd în raport cu timpul

$$m_1\frac{\mathrm{d}^2\vec{r}_1}{\mathrm{d}t^2} + m_2\frac{\mathrm{d}^2\vec{r}_2}{\mathrm{d}t^2} = 0. \qquad (8)$$

Membrul stîng al acestei relaţii este exact analogul lui $\frac{\mathrm{d}^2p}{\mathrm{d}t^2}$ din relaţia (6) referitoare la radiaţia dipolului electric. Prin urmare, nu există o radiaţie gravitaţională dipolară. În primă aproximaţie, radiaţia gravitaţională este cvadripolară şi astfel ne explicăm de ce ea are o intensitate atît de

Scanned with OKEN Scanner

mică. (Precizăm că termenul V_2, din relația(3), asociat momentului cvadripolar este proporțional cu $1/R_0^3$). O radiație gravitațională dipolară ar putea apare numai dacă ar exista materie cu masă negativă, adică dacă ar exista antigravitație.

3. Surse de unde gravitaționale

Cea mai simplă sursă de radiație gravitațională ar putea fi constituită dintr-o bară rigidă (fig. 6) ce se rotește, în jurul uneia din axele sale, cu viteza unghiulară ω. Einstein, chiar din anul 1916, a calculat că puterea radiației emise are mărimea

$$P = \frac{32}{5}\frac{G}{c^5} I^2 \omega^2 = 1{,}73 \cdot 10^{-66} I^2 \omega^2 \text{ W}, \qquad (9)$$

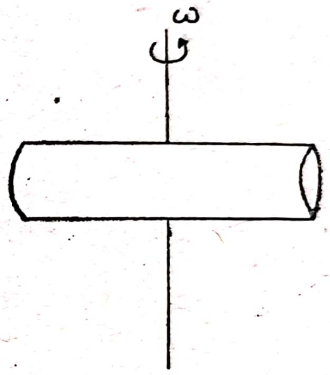


Fig. 6

unde $G = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ este constanta gravitațională, I este momentul de inerție al barei și $c = 3 \cdot 10^8$ m/s este viteza luminii. O bară de 1 m supusă unei rotații foarte rapide, pînă la limita de rupere datorită tensiunilor centrifugale, ar putea emite aproximativ 10^{-37} W, adică o energie infimă, imposibil de detectat în prezent. 10^{-37} W ar fi, de exemplu, puterea luminii pe care o primește ochiul de la un bec de 100 W situat la milioane de kilometri depărtare.

În prezent, se poate vorbi doar despre cercetarea experimentală a undelor gravitaționale ce apar într-o serie de procese naturale care se produc în cosmos. Deși astfel de procese au loc la distanțe foarte mari de Pămînt, puterea radiației gravitaționale care vine de la ele este incomparabil mai mare decît nivelul ce s-ar obține de la oricare instalație actuală de laborator. Din relația (9) se observă că puterea radiației gravitaționale este proporțională cu pătratul masei emițătorului (deoarece $I \sim m$) Cele mai promițătoare surse de radiație gravitațională sînt stelele duble și, în special, cele în care ambele stele sînt „pitice albe", adică au o masă foarte mare concentrată într-un volum mic. În astfel de stele densitatea este deordinul a 10^{14} tone/m^3, adică de același ordin de mărime cu densitatea materiei nucleare. Piticele albe au o masă apropiată de cea a Soarelui și, în cadrul stelelor duble, ele se află suficient de aproape, la scară cosmică, una de alta, rotindu-se foarte repede în jurul centrului lor comun de masă. Perioada de rotație este de cîteva ore, ceea ce conduce la emisia unor unde gravitaționale de frecvență joasă, aproximativ 10^{-3} H_3 și o lungime de undă foarte mare, $\lambda = c/\nu = 3.10^{11}$ m. De aici rezultă o nouă dificultate în ceea ce privește detecția undelor gravitaționale de frecvență joasă. De exemplu, dacă un maxim al undei gravitaționale se află în regiunea Pămîntului, maximul vecin va fi undeva la o distanță ce întrece de multe ori distanța Pămînt-Lună. Intensitatea undelor gravitaționale pe distanțe măsurabile în metri sau kilometri variază foarte lent. De exemplu, dacă într-un punct oarecare se observă un maxim („o creastă") a undei, adică un maxim de accelerație produs de undă într-un ansamblu de particule, atunci pentru a observa o accelerație care

s-a micșorat cu 1% trebuie mers de-a lungul undei o distanță de peste 1000 km.

Datorită maselor mari ale stelelor duble (v. tabelul alăturat), puterea radiației gravitaționale este de ordinul a 10^{23} W. Puterea radiației ce ajunge pe unitatea de suprafață a Pămîntului este doar de ordinul a 10^{-17} W/cm^2 însă, incomparabil mai mare decît puterea unui emițător de laborator. Totuși, deocamdată și acest 10^{-17} W/cm^2 este greu de decelat experimental.

Tabel cu stelele duble cele mai apropiate de sistemul solar

Dnumirea stelei duble	Timp de revoluție în fracțiuni de 24 ore	m_1 (în mase solare)	m_2 (în mase solare)	Distanța Stea-Pămînt (metri)	Puterea radiației (watt)
UV Leo	0,60	1,36	1,25	$2{,}1.10^{18}$	$1{,}8.10^{24}$
V Pup	1,45	1,66	9,8	$1{,}2.10^{19}$	4.10^{24}
i Boo	0,268	1,35	0,68	$3{,}8.10^{17}$	$1{,}1.10^{23}$
YY Eri	0,321	0,76	0,50	$1{,}3.10^{18}$	$2{,}6.10^{22}$
SW Lac	0,321	0,97	0,83	$2{,}3.10^{18}$	$1{,}1.10^{23}$
WZ Sge	81 minute	0,6	0,03	3.10^{18}	$3{,}5.10^{22}$

4. O dificultate teoretică legată de energia undelor gravitaționale

Teoria relativității generale a lui Einstein arată că undele gravitaționale cilindrice posedă o particularitate deosebită și anume că fluxul total de energie, transportat de unde, este egal cu zero deși densitatea energiei gravitaționale transportă de unde nu este nulă. Aceasta ar însemna că în anumite domenii ale spațiului, ocupate de unde, densitatea energiei gravitaționale în undă este negativă. Această situație se referă la o așa numită categorie de concluzii „nedorite" ale teoriei relativității. Cum am putea interpreta aceste concluzii?

În primul rînd s-ar putea spune că aparatul matematic folosit pentru calculul energiei nu este corect și suferă de aceleași dificultăți întîlnite în calculul general al energiei cîmpului gravitațional care conduc la concluzia că, în funcție de alegerea unui sistem de coordonate, energia gravitațională, în orice punct din spațiu, poate fi făcută oricît de mare sau oricît de mică și chiar anulată. Acest aspect rămîne și în prezent o problemă deschisă, nerezolvată.

În al doilea rînd, există părerea (de exemplu a fizicianului danez *C. Möller* că, de fapt, unda gravitațională, ca fenomen fizic în natură, este posibil să nu existe. Precizarea existenței undelor pe baza teoriei relativității ar putea constitui o consecință a inconsistenței teoriei, a imperfecțiunii teoriei lui Einstein. Această părere însă este neacceptată de majoritatea fizicienilor.

În al treilea rînd, calculele directe bazate pe teoria lui Einstein arată în mod riguros, fără aproximație, că sub acțiunea undei gravitaționale curbura spațiului — timp se modifică și această modificare nu mai depinde de alegerea sistemului de coordonate, de alegerea tipului de mișcare a observatorului. Prin urmare, undele gravitaționale trebuie să

Scanned with OKEN Scanner

aibă o existenţă obiectivă. Descoperirea experimentală a acestor unde ar constitui o nouă confirmare a teoriei relativităţii generale a lui Einstein.

Cercetările experimentale legate de detectarea undelor gravitaţioanle au fost iniţiate de *J. Weber* (anul 1960 în S.U.A.) care a propus folosirea unor cristale piezoelectrice ca traductoare a efectelor de deformare induse de unda gravitaţională în corpuri masive.

5. Cercetări teoretice şi experimentale de gravitaţie în RSR

În R.S.R. cercetarea cîmpului gravitaţional a luat amploare din iniţiativa Institutului de Cercetare ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Industria Electrotehnică sub directa îndrumare a dr. ing. *Florio Teodor Tănăsescu* şi dr. ing. *Iosif Adămuţi* care cu sprijinul Consiliului Naţional pentru Ştiinţă şi Tehnologie au încurajat această cercetare şi au condus la crearea unor grupuri de cercetători ale căror rezultate teoretice şi experimentale se află la nivelul cercetărilor pe plan mondial. S-a elaborat o nouă teorie electrotermodinamică a gravitaţiei (TETG), s-au construit balanţe de torsiune pentru determinarea constantei gravitaţionale şi s-au efectuat evaluări asupra sensibilităţii antenelor gravitaţionale.

În încheiere autorul mulţumeşte prof. *Nicolae Calinicenco* pentru sugerarea scrierii acestei lucrări şi pentru sprijinul acordat în redactarea ei.

INTEGRAREA EXPERIMENTULUI ÎN LECŢIILE DE CHIMIE

Şef lucrări : *ŢICĂ RODICA*, Prof. : *ŢICĂ TIBERIU* **
Prof. *LASLEAN EMILIA****

Prefacerile fără precedent pe care le cunoaşte societatea contemporană, afectează fiinţa umană, modul de existenţă şi de acţiune în întreaga ei configuraţie spirituală. Niciodată pînă acum omul nu a fost pus în situaţia să joace un rol mai activ şi mai decisiv ca astăzi, nicicînd nu i s-a cerut o mai mare capacitate de gîndire creatoare şi de acţiune constructivă de cercetare şi de previziune, nicicînd el nu a avut nevoie de mai multă inteligenţă şi imaginaţie, de entuziasm şi curaj pentru a traduce în viaţă gîndurile şi iniţiativele sale.

În acest context, şcoala este obligată să exerseze şi să dezvolte acele facultăţi şi funcţii mintale, corelate cu asemenea calităţi moral-politice care să pregătească personalităţi puternice, multilateral şi armonios dezvoltate, capabile să se angajeze plenar şi creator, cu spirit revoluţionar, în efortul constructiv al patriei noastre socialiste. Învăţămîntul trebuie să treacă tot mai mult educaţia înaintea instrucţiei, să reconsidere metodologia didactică şi educativă, lăsînd în urmămetodele infor-

* Universitatea Braşov
** Şc. gen. 7, Săcele
*** Inspectoratul şcolar Judeţean Braşov

Scanned with OKEN Scanner

mative şi discriptiviste de simplă transmitere şi receptare a unor cunoştinţe bazate cu precădere pe memorare şi reproducere şi să dea prioritate metodelor de mare valoare formativ educativă.

În predarea chimiei — ştiinţă care studiază structura, proprietăţile şi transformările substanţelor s-a folosit în general metoda descriptivă secondată de experienţă.

Pornindu-se de la ceea ce era cunoscut, se prezenta elevilor, se demonstra practic şi informaţia ajungea în mintea lor după un tipic clasic. Elevul primea cunoştinţele gata prelucrate, selectate, rămînîndu-i sarcina de a înţelege şi reţine.

Astăzi, însuşirea activă trebuie realizată prin transformarea cunoştinţelor din achiziţii exterioare în mecanisme de activitate intelectuală. Metodele noi de învăţare pun accent pe dezvoltarea creativităţii pe posibilităţile de cercetare şi investigare, de cucerire a adevărurilor ştiinţifice.

Metodele clasice de învăţare trebuie îmbinate cu cele moderne ca : învăţarea prin redescoperire, problematizare, algoritmizare, îmbinarea muncii teoretice cu activitatea independentă productiv-creatoare.

Avînd la bază mijloace vechi (experienţele de laborator) se pot reînoi metodele dacă se ţine seama de ceea ce poate şi trebuie să dea şcoala de azi.

Experimentul de laborator, este metoda de instruire proprie investigaţiei în toate domeniile ştiinţei.

Prin experiment elevii descoperă legile generale în formele particulare de manifestare a fenomenelor.

Metoda experienţei favorizează procesele intelectuale de selecţie a generalului din particular şi accidental. Prin această metodă elevul este îndrumat să opereze mintal cu legi, concepte, reguli într-o strînsă interdependenţă cu informaţia senzorială, fiind posibil controlul şi reglarea activităţii cognitive.

În practicarea acestei metode profesorul va determina şi va comunica elevilor scopul experimentului va pregăti fondul aperceptiv (cunoştinţele de care elevii au nevoie pentru a înţelege semnificaţia procesului determinat prin experienţă) va localiza experimentul în structura temei studiate, va conduce demersul practic şi intelectual al elevilor pentru descoperirea concluziilor teoretice care decurg din datele experimentului.

Aplicarea oricărui experiment se face diferenţiat în funcţie de natura temei studiate, de particularităţile colectivului de elevi, de dotarea laboratorului etc., dar în interdependenţă cu alte metode de învăţămînt.

În lucrarea de faţă, prezentăm modul în care am integrat experimentul, în predarea temei ,,Hidroliza sărurilor" la clasa a IX-a. Tema face parte din capitolul ,,Teoria protolitică a acizilor şi bazelor". La începutul lecţiei s-a purtat o discuţie, cu elevii, despre noţiunile de acid, bază, sare, tăria acizilor şi a bazelor, indicatori, procesul de ionizare.

Grupele au avut pe mesele de laborator soluţiile diferitelor săruri şi indicatori : turnesol şi fenolftaleină.

S-a cerut elevilor să identifice caracterul acido-bazic al soluţiilor şi să prezinte rezultatele sub formă de tabel. Modelul de tabel a fost prezentat pe tablă.

Scanned with OKEN Scanner

Grupa 1 și 6.

sare	turnesol	fenolftaleină	caracterul soluției	ecuația chimică
Na_2CO_3	albastru	roșu-violet	bazic	$2Na^+ + CO_3^{-2} + 2H_2O \rightleftharpoons 2(Na^+ + HO^-) + H_2CO_3$
CH_3COOK	albastru	roșu-violet	bazic	$K^+ + CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons K^+ + HO^- + CH_3COOH$
Na_2S	albastru	roșu-violet	bazic	$2Na^+ + S^{2-} + 2H_2O \rightleftharpoons 2(Na^+ + HO^-) + H_2S$

Grupa 2 și 5.

sare	turnseol	fenolftaleină	caracterul soluției	ecuația chimică
NH_4Cl	roșu	incolor	acid	$NH_4^+ + Cl^- + 2H_2O \rightleftharpoons (H_3O^+ + Cl^-) + NH_4OH$
$Zn(NO_3)_2$	roșu	incolor	acid	$Zn^{2+} + 2NO_3^- + 4H_2O \rightleftharpoons 2(H_3O^+ + NO_3^-) + Zn(OH)_2$
$Al_2(SO_3)$	roșu	incolor	acid	$2Al^{3+} + 3SO_4^{2-} + 12H_2O \rightleftharpoons 3(H_3O^+ + SO_4^{2-}) + 2Al(OH)_3$

Grupa 3 și 4.

sare	turneseol	fenolftaleină	caracterul soluției	ecuația chimică
$(NH_4)_3PO_4$	violet	incolor	neutru	$(NH_4)_3PO_4 + 3H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + H_3PO_4$
$(CH_3COO)_2$	violet	incolor	neutru	$(CH_3COO)_2 + 2H_2O \rightleftharpoons Zn(OH)_2 + 2CH_3COOH$
$(NH_4)_2C_2O_4$	violet	incolor	neutru	$(NH_4)_2C_2O_4 + 2H_2O \rightleftharpoons 3NH_4OH + H_2C_2O_4$

După efectuarea experimentului, în urma discutării frontale, a rezultatelor obținute pe grupe, s-a constatat că soluțiile unor săruri prezintă caracter acid, altele caracter bazic și altele neutru.

Discuțiile următoare au fost conduse spre evidențierea relației între compoziția sărurilor și caracterul acido-bazic al soluțiilor lor. S-a ajuns la concluzia ca:

a) sărurile care în soluție apoasă prezintă caracter bazic provin de la o bază tare și un acid slab

b) sărurile care în soluție apoasă prezintă caracter acid, provin de la un acid tare și o bază slab;

c) sărurile care în soluție apoasă prezintă caracter aproape neutru (nuanța turnesolului) provin de la un acid slab și o bază slabă; Deci

Scanned with OKEN Scanner

caracterul acido-bazic este prezentat de o substanță care se formează în reacția sării cu apa.

S-a cerut apoi grupelor să reprezinte fenomenele prin ecuații ionice, ecuații din care a reieșit prezența în soluție a ionilor H_3O^+ sau HO^-, care determină caracterul acesteia precum și culoarea indicatorilor. Ecuațiile au mai evidențiat că fenomenul este invers neutralizării.

S-a comunicat elevilor că fenomenul poartă numele de hidroliză. Pornind de la considerentul că sărurile sînt compuși care provin de la acizi și baze, s-a cerut elevilor să identifice categoria de săruri (din cele posibile) care nu au fost utilizate în experiment. S-au identificat sărurile provenind de la un acid tare și o bază tare.

Cinsiderîndu-se NaCl, s-a cerut reprezentarea ecuației ionice a reacției dintre NaCl și apă:

$$Na^+ + Cl^- + 2H_2O \rightleftharpoons Na^+ + HO^- + H_3O + Cl^-$$

din care s-a tras concluzia că dacă reacția ar fi posibilă în urma fenomeniului s-ar forma un acid tare și o bază tare în cantitățile echivalente și deci soluția nu va prezenta nici caracter acid nici bazic. Deasemenea de la reacția de neutralizare se știe că ionii H_3O^+ și HO^- nu pot coexista în soluție, ci formează H_2O, o substanță foarte puțin ionizată (echilibrul reacțiilor se deplasează spre formarea substanțelor puțin ionizate: apă, precipitate, substanțe gazoase).

Deci sărurile care provin de la acizi tari și baze tari nu hidrolizează.

S-a definit conceptul de hidroliză a sărurilor.

„Hidroliza este reacția care are loc între ionii unei sări și ionii apei cu formarea a cel puțin unui compus greu ionizabil", completîndu-se astfel definiția din manual.

Întrucît elevii nu posedă cunoștințe despre intervalul de viraj al indicatorilor, dependența gradului de hidroliză de natura sării, concentrația soluției și temperatură, au fost prezentată teoretic. Lecția s-a încheiat cu un test de evaluare:

1. Soluțiile ale căror săruri înroșesc fenolftaleina și soluțiile ale căror săruri albătresc turnesolul: K_2SO_3; $(NH_4)_2SO_4$; KNO_3; Na_3PO_4?

2. Stabiliți ecuațiile reacțiilor posibile:

$$K_2SO_3 + H_2O =$$

$$KNO_3 + H_2O =$$

$$NH_4NO_3 = H_2O =$$

Folosind experimentul, ca metodă de predare activă, cunoștințele însușite sînt mai durabile și elevii pot opera mai ușor cu ele, spre deosebire de cunoștințele dobîndite în lecțiile în care nu s-a utilizat și această metodă.

BIBLIOGRAFIE

u: Clasic și modern în organizarea lecției. Ed. did. și ped. București 1972.
P. Popescu și colaboratori: Înoirea tehnologiei didactice în treapta a doua a liceului. Ed. did. și ped. București 1974.
I. C. Petreccu, Școala activă. Ed. did. și ped. București 1973.
A. Gavenea: Cunoașterea prin descoperire în învățămînt. Ed. dit. și ped. București 1975.
I. Cosma, O. Petrescu: Chimie — manual pentru clasa a IX-a. Ed. did. și ped. București 1978.

Scanned with OKEN Scanner

ODISEEA DESCOPERIRII ULTIMELOR 4 ELEMENTE DIN TABELUL SISTEMULUI PERIODIC A LUI D. I. MENDELEEV

Prof. *IOAN POPESCU*, Iași

În 1869 *D. I. Mendeleev* grupează cele 63 elemente chimice cunoscute la data respectivă într-un tabel, pe care-l revizuiește și sistematizează în 1891 într-un al doilea cu 8 coloane și 12 șiruri orizontale. Criteriul de grupare — periodicitatea proprietăților chimice și fizice funcție de masele atomice ale elementelor.

Convins de adevărul legii periodicității proprietăților elementelor, lasă locuri libere în tabel pentru elemente ipotetice lipsă (ekaelemente) cărora le-a atribuit prin interpolare mase atomice și prin analogie, conform cu legea periodicității, proprietățile chimice și fizice.

Primit cu rezerve, confirmat prin descoperirea elementelor : Galium (Ga) (ekaaluminiu) în 1873 (*Mecocq de Boisbaudran*), Scandium (Sc) (ekabor) 1879 (*L. F. Nilson*), Germanium (Ge) 1886 (*Cl. Winkler*) (ekasiliciu) cu proprietățile prevăzute, completat în 1895 cu grupa elementelor inerte, este recunoscut unanim și va primi atestarea prin teoria structurii învelișurilor electronice ale atomilor, iar sarcina nucleară a atomilor elementelor, va fi propusă de *A. van den Broek* în 1911 drept număr de ordine sau număr atomic. Cu descoperirea Reniului (Re) în 1925, tabelul sistemului periodic cu cele 92 locuri respectiv numere de ordine de la Hidrogen (H) la uranium (U) era aproape completat, mai rămăseseră doar patru locuri respectiv numere de ordine corespunzînd la 4 (patru) elemente nedescoperite : elementele cu numerele de ordine (atomice) 43 (ekamangan), 61 (un lantanid), 85 (ekaiod) și 87 (ekacesiu). Încercări pentru găsirea și izolarea lor fuseseră făcute fie fără rezultat, fie cu rezultate îndoielnice care n-au rezistat verificărilor.

Pentru elementul 43 s-a propus în 1925 chiar numele Mazurium (*Walter Noddack* și *Ida Tacker*) pe baza spectrului de raze X caracteristic dar ulterior s-a infirmat interpretarea. Abia în 1937 elementul 43 a fost sintetizat artificial de către *Emilio Segré* și *G. Perrier*, bombardînd molibdenul cu deutoni accelerați în ciclotron. I-a dat numele Tehnețium (Tc) adică obținut cu mijloace tehnice. Ulterior s-au utilizat ca ținte și elementele niobiu (Nb), ruteniu (Ru) iar ca proiectile, protoni, neutroni, raze (α) alfa și gama (γ). În reactoare nucleare se acumulează cantități mari de izotopi Tc radioactivi dintre care unii cu viață de ordinul miilor de ani iar izotopul $^{98}_{43}Tc$ se pare că a fost găsit în natură. Proprietățile chimice analoage cu ale manganului : hidroxid amfoter, stări de oxidare bi, tetra, hexa și heptavalent.

În starea naturală pot fi găsiți numai izotopii stabili sau acei radioactivi a căror timpi de înjumătățire ($T_{1/2}$) al lor sau a antecedenților din care provin prin dezintegrare, este apropiat de vîrsta pămîntului $> 3 \times 10^9$ ani, sau sintetizați natural ca în cazul plutoniului. Izotopii radioactivi cu $T_{1/2}$ mai mic ca 3×10^9 ani, chiar dacă au existat în trecut în scoarța pămîntului s-au dezintegrat, au dispărut și pot fi refăcuți artificial.

Elementul 61 căutat în mineralele ce conțin pămînturi rare și anunțat de mai multe ori, numit chiar în același timp Ilinium (*Harris, Yutema*

și *Hopkins*) Florentinium (*Rolla* și *Fernandes*, 1926) la verificări minuțioase s-au constatat erori de interpretare ale spectrelor de raze X.

A fost necesar un interval de 12 ani de acumulări de date care să permită analiza probabilității existenței izotopilor elementelor.

În 1938 s-a observat formarea izotopilor elementului 61 la bombardarea neodimului (Nd) cu deutoni. *G. T. Seaborg* a sintetizat în 1940 cinci izotopi Pm. Separat, pe cale chimică, în 1947 din fragmentele de fisiune ale uraniului (U) din reactor, sub forma izotopului cu timp de înjumătățire $T_{1/2} = 2{,}6$ ani, a fost numit de *G. Marinski, L. E. Glendenin* și *Ch. D. Coryell* Prometium (Pm) după numele titanului Prometeu care a adus focul pe pămînt din cer (mit). S-au preparat $PmCl_3$ galbenă, $Pm(NO_3)_2$ trandafiriu. Proprietăți asemănătoare cu al Nd-ului și Sm-ului. Se cunosc mai mulți de 12 izotopi.

Pentru că istoria descoperirii elementelor 87 și 85 implică și un om de știință român — *Horea Hulubei* — care pentru elementul 87 a propus numele *Moldavium*, voi insista asupra periplului acestei descoperiri.

Numărul atomic 87 situează elementul în grupa alcalinelor după cesiu — (ekacesiu). *Hulubei* îl caută în mineralele bogate în cesiu în special în polucită. (C. R. 202, p. 1927 (1936)). Ca detaliu, utilizează un spectrograf tip Cauchois pentru analiza atomică prin spectre de raze X caracteristice. Pentru a evita volatilizarea concentratului de alcali de pe anticatodă, a cercetat razele L și nu spectrul K. Identifică două raze care după verificări și eliminări de coincidențe afirmă că „e foarte plauzibil că aceste valori reprezintă radiațiile 87 $L\alpha_1$ și 87 $L\alpha_2$" și în continuare „faptele experimentale angajează să gîndim că elementul 87 se găsește în polucită în cantitate de altfel extrem de slabă". „Este un element rar dar nefugitiv — cum s-a presupus — pentru care propun numele *Moldavium*".

Articolul a suscitat interesul cercului științific al Universității din Iași unde Horea Hulubei era cunoscut, fusese student și absolvent al facultății de științe a Universității din Iași înainte de a începe specializarea la Paris. Ca urmare, în noiembrie 1937 apare în revista „Însemnări ieșene" anul II, vol. IV, nr. 21, pag. 489 articolul „Descoperirea elementelor chimice noi și elementul 87" în care profesorul *St. Procopiu* după o introducere asupra metodelor de cercetare cu scopul găsirii elementelor noi, citează după „Handbook of Chemistry and Physics" ediția 21 din 1936, pag. 336 : Virginium (Vi) ; greutate atomică în jur de 224, număr atomic 87, valența 1. Descoperit în 1929 de Dr. Fred Allison și colaboratorii din Institutul politehnic din Alabama prin metoda „magneto optică" a analizei de polucită și lepidolită" ... și în continuare prof. *St. Procopiu* — „voi da fazele acestei descoperiri" ... Citează pe Bainbridge 1929 cu ipoteza prezenței elementului 87 în mineralele de litiu, cesiu (polucită, lepidolită), pe F. Allison și Murphy 1930 care îl găsesc în polucită și lepidolită și-l numesc Virginium după țara de origine a lui Allison, pe J. Papish și E. Wainer 1931 cu spectrograf Sieghahn nu găsesc elementul 87 în polucită dar îl găsesc în samarschită și indică liniile spectrale $L\alpha_1 = 1{,}020$ Å și $L\alpha_2 = 1{,}038$ Å. Și textual : „Trec șapte ani și d. Hulubei publică o notă în Comptes Rendus, Paris (C. R. vol. 202, 1936, p. 1927) în care spune că în polucită cu un spectrograf de raze X a determinat dungile $L\alpha_1 = 1{,}032$ Å și $L\alpha_2 = 1{,}043$ Å care corespund după legea lui

Scanned with OKEN Scanner

Moseley elementului 87 și pretinde să se dea numele Moldavium acestui element 87. În notă se vorbește că s-au mai ocupat și alții de acest element dar nici unul din cei 5 fizicieni nu e amintit".

Autorul notei *H. Hulubei* n-a ripostat, în schimb profesorul și îndrumătorul lui din timpul studenției, care a urmărit evoluția formativă a fostului elev, profesorul *Petru Bogdan* răspunde în aceeași revistă prin articolul „În chestiunea elementului 87" (Însemnări ieșene, Anul II, vol. IV, nr. 24, pag. 849) pe 9 pagini în care consideră istoricul cercetărilor efectuate pentru găsirea elementului 87, istoric ce se întinde pe o perioadă de 33 ani începînd din 1903. Primele cercetări cu rezultate corespunzătoare tehnicilor și metodelor timpului respectiv. Autorul trece în revistă metodele folosite pentru găsirea elementelor : determinarea maselor atomice a elementelor vecine în tabelul periodic, în cazul de față a cesiului, analiza spectrală, analiza spectrelor de raze X, metoda cu raze pozitive, analiza radioactivității, metoda magnetooptică asupra căreia se insistă pentru că F. Allison și colab. pretind că au găsit în polucită, lepidolită, samarschită, elementul 87 căruia propun numele Virginium, dar și pentru că metoda a fost criticată și pusă sub „criteriu prudenței și cere studii noi". *P. Bogdan* citează autori care consideră lucrarea lui Hulubei și aduce argumente din lucrare împotriva unor critici relative la valorile găsite pentru radiațiile $L\alpha_1$ și $L\alpha_2$ ale eleemntului 87. Mai mult, metoda Allison a fost supusă unei analize minuțioase de G. C. Comstock în anul 1937 cu rezultatul „metoda este discutabilă". La obiecțiile ridicate de prof. *St. Procopiu* în articolul citat referitoare la necitarea celor 5 fizicieni de către H. Hulubei, *P. Bogdan* arată că autorul a citat pe Bainbridge iar pe ceilalți îi indică în expresia „alți autori" și citează articolul lui Hirsch care pomenește pe cei 5 dar nu citează pe alți autori și nici chiar Procopiu nu citează pe cei anteriori lui Allison și colaboratorii. *P. Bogdan* arată că lucrările anterioare lui Hulubei prezintă un grad mic de siguranță iar argumentarea lui Hulubei este strînsă ceea ce îl face pe *Jean Perrin* să prezinte nota la Academia de Științe din Paris. *P. Bogdan* se declară în dezacord cu *St. Procopiu* dar în acord cu *Perrin* și acceptă moldaviu m.

În 1937 *H. Hulubei* revine cu o nouă notă (C.R. 205, p. 854 (1937)), cu precizarea emisiei $L\beta_1 = 838$ u.x. foarte intensă nejenată de emisiile Hg, Bi, Tl care nu apar în emisia tubului, nici pe clișeele sușelor. Existența razei 87 $L\beta_2 = 856$ liberă de coincidențe o socoate proba cea mai bună de probabilitatea existenței unui izotop al elementului 87 nefugitiv.

În 1938 (C.R. 207, pag. 1322 (1938)) *Horea Hulubei* este propus să i se decerneze premiul Henry Wilde „pentru descoperirea sa a elementului 87 aparținînd seriei metalelor alcaline". Academia acceptă propunerea comisiei. Din comisie fac parte: Em. Picard, H. Deslandres, A. Lacroix, Em. Borel, G. Bertrand, E. Eslargon, Raportor J. Perrin.

Cu aceasta se părea că problema elementului 87 este deslegată, mai rămînea să se studieze pe cantități ponderabile, proprietățile chimice și fizice.

În 1939 același *Jean Perrin* prezintă o notă a *Marguerite*-i *Perey* (C. R. 208, pag. 97 (1938)), care obține dintr-o sare de lantan actiniferă, după purificări, un produs a cărui activitate β descrește cu perioada

de 21 minute. Elementul radioactiv s-a format prin emisie de radiații α din actiniu și este elementul 87.

$$^{227}_{89}\mathrm{Ac} \underset{\beta}{\overset{\alpha}{\rightleftharpoons}} {}^{223}_{87}\mathrm{X} \qquad {}^{227}_{90}\mathrm{RdAc} \nearrow \searrow {}^{223}_{88}\mathrm{AcX}$$

Probe de sincristalizare cu perclorat de cesiu și element 87 decelabil după activitatea β. S-a urmărit activitatea α a actiniului cu parcurs în aer de 3,5 cm, fapt semnalat de St. Meyer, V. F. Hess și F. Paneth încă din 1914. Citează pe *H. Hulubei* cu Moldavium cu mențiunea :„Dacă rezultatele sale se confirmă ar exista deci cel puțin doi izotopi de număr atomic 87, unul de viață destul de lungă, altul corpul de viață scurtă pe care îl semnalăm".

Autoarea nu-l numește. Ulterior a fost numit *Francium* (Fr) în cinstea patriei autoarei. Sînt semnalați mai mult de opt izotopi cu timpi de viață mai mici ca 21 minute. Sărurile franciului urmează după ale cesiului.

În 1940 (C. R. 210 pag. 7809 (1940) *H. Hulubei* este ales corespondent pentru secția de fizică înlocuind pe sir William Bragg ales asociat străin.

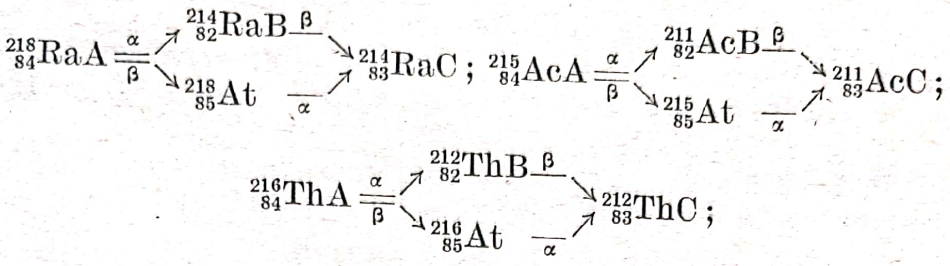
Ecouri. În cartea „Ergebnisse und Probleme der modernen Anorganischen Chemie" de H. Y. Emeleus und J. S. Anderson, versiunea germană a „Modern Aspect of Inorganic Chemistry" 1938, Januar, la pagina 331 se afirmă : „În ultimul timp s-a observat în spectrul Röntgen a unui concentrat de alcali preparat din polucită, linii care au fost atribuite elementului lipsă 87. În subsol (Hulubei, C. R. hebd. Sceances Acad. Sci. 1936, 202, 1927) și în continuare : „Se poate ajunge la convingerea că elementul 87 este probabil radioactiv și datorită desfacerii radioactive apare în scoarța terestră numai în cantități mici".

Nici elementul cu numărul atomic 85 n-a fost absolvit de erori de identificare și numiri. Anunțat de a fi fost găsit tot cu metoda magneto-optică de către Allison și colab. în 1932 și numit Alabamin. Descoperirea a fost negată iar metoda și rezultatele puse sub calificativul speculațiilor.

În 1939 *Horea Hulubei* și *Yvette Cauchois* găsesc în spectrul radonului raze în coincidență cu 85 $L\alpha_1$ și 85 $K\alpha_1$. *S. Minder* în 1940 afirmă că l-ar fi găsit în rodon și-l numește *Helveținm* pentru care Hulubei și Y. Cauchois revendică prioritatea. (C. R. 210, pag. 696 (1940)). Tot în 1940 *E. Segré, K. R. McKenzie* și *D. R. Corson* obțin elementul 85 bombardînd bismutul cu particole α accelerate în ciclotron și-l numesc Astatin (At) (instabil) numire acceptată.

$$^{209}_{83}\mathrm{Bi} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow {}^{211}_{85}\mathrm{At} + 2{}^{1}_{0}\mathrm{n}\,; \quad {}^{211}_{85}\mathrm{At} \nearrow {}^{207}_{83}\mathrm{Bi} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \quad \searrow {}^{211}_{84}\mathrm{Pa(AcC)}$$

Cele trei familii de elemente radioactive naturale U, Th, Ac în procesele de dezintegrare dau naștere la izotopi ai astatinului, toți identificați în decurs de 12 ani, după sinteza artificială.



În afară de aceştia s-au sintetizat peste 20 izotopi, toţi cu timpii de înjumătăţire mai mici sau egal cu 8,3 ore. Este ultimul halogen, se dizolvă în solvenţi organici; AgAt este insolubilă; poate fi oxidat la pentavalent.

Cu sinteza astatinului în 1940 tabelul periodic primitiv cu cele 92 locuri de ordine, a lui Mendeleev era completat. Dar în 1940 *M. McMilan* şi *P. H. Abelson* obţin sintetic elementul 93 şi prin aceasta se conturează ipoteza extinderii tabelului periodic cu elemente transuraniene.

Coincidenţe. Articolul prof. *St. Procopiu* din revista „Însemnări ieşene" este urmat la pag. 493 de articolul lui *Gr. T. Popa* intitulat „Imperfecţiunile din noi", iar articolul prof. *P. Bogdan* este urmat la pag. 859 de articolul „Pe lîngă adevăr" a lui C. I. Andreescu.

Şi o incidenţă. Dr. *F. R. Hirsh* afirma că descoperirea lui *Hulubei* a fost făcută în urma unei sugestii a d-rului Iesse W. M. Du Mond care, în 1930, a sugerat utilizarea spectrografului cu cristal curb, spectrograf modificat de Y. Cauchois şi utilizat de H. Hulubei (Însemnări ieşene, Anul III, vol. V, nr. 1, 1 ianuarie 1938, pag. 159. Citat din Science news, 27 noiembrie 1937). (Aceasta ca ştiinţa din California să nu rămînă datoare).

Întortochiate mai sînt căile aflării adevărului.

TERMODINAMICA ŞI CINETICA COROZIUNII CHIMICE

Asist. chimist *IONESCU CLEMENT* * Petroşani

Se ştie că produsele coroziunii în gaze sînt de obicei oxizii metalelor, cu excepţia cazurilor izolate de exploatare a pieselor metalice în alte medii decît aerul, cînd se obţin alte combinaţii chimice cum ar fi sulfurile.

Din această cauză legile generale de desfăşurare a proceselor chimice de coroziune date mai jos, în majoritatea cazurilor sînt ilustrate cu exemple de oxidare a metalelor.

1. Termodinamica coroziunii chimice

Calea cea mai simplă de a stabili posibilitatea reacţiilor de oxidare a metalelor se bazează pe compararea tensiunii de disociere a produselor de coroziune şi presiunea parţială a oxigenului din faza gazoasă.

* Institutul de Mine

Se notează cu :

P_{O_2} — presiunea parțială a oxigenului din faza gazoasă

P_{MO} — tensiunea de disociere a oxidului metalic la o temperatură dată.

În reacția chimică de oxidare a unui metal : $M + 1/2O_2 \leftrightarrows MO$ pot exista trei cazuri, în funcție de valorile lui P_{O_2} și P_{MO}

a) $P_{O_2} = P_{MO}$ — reacția este în echilibru

b) $P_{O_2} > P_{MO}$ — reacția se desfășoară în sensul formării oxidului. (spre dreapta)

c) $P_{O_2} < P_{MO}$ — reacția se desfășoară în sensul descompunerii oxidului (spre stînga)

Este știut că tensiunea de disociere a oxizilor crește cu temperatura.

De exemplu argintul la 300°K (temperatura camerei) trebuie să se oxideze, nu însă și la temperaturi mai (mari) la 400°K deoarece $P_{O_2} < P_{MO}$ și reacția are loc de la drespta la stînga în sensul descompunerii oxidulu.

Una din particularitățile coroziunii chimice constă în aceea că produsele de coroziune se formează direct pe acele porțiuni ale suprafeței metalice care a intrat în reacție cu mediul coroziv.

În unele cazuri stratul de oxid poate atinge grosimi relativ mari în timp ce în alte cazuri peliculele rezultate sînt extrem de subțiri(oxidarea zincului, fierului în aer uscat).

Pentru a obține o peliculă protectoare, compactă, lipsită de pori și fisuri, trebuie ca volumul combinației chimice, rezultatè, de exemplu al unui oxid metalic (V_{MO}) care alcătuiește pelicula să fie mai mare decît volumul metalului (V_M) care a luat parte la formarea combinației chimice.

În caz contrar cînd volumul oxidului produs este mai mic decît volumul metalului generator de peliculă, aceasta nu mai este o peliculă protectoare.

Raportul dintre volumul oxidului format și volumul metalului care intră în reacție cu oxigenul, poate fi calculat astfel : să admitem că se oxidează un atom gram de metal, volumul său va fi :

$$V_M = \frac{A}{\rho_M}$$

unde :

A — masa atomică a metalelor

ρ_M — greutatea specifică a metalelor

Volumul oxidului format va fi : $V_{MO} = \frac{M}{n\,\rho_{MO}}$

unde

M — masa moleculară a oxidului

n — numărul atomilor de metal din molecula oxidului

ρ_{MO} — greutatea specifică a oxidului

Raportul volumelor va fi : $\frac{V_{MO}}{V_M} = \frac{M \cdot \rho_M}{n \cdot \rho_{MO} \cdot A}$.

Scanned with OKEN Scanner

Metalele pentru care $\frac{V_{MO}}{V_M} < 1$ formează pelicule cu slabe proprietăţi protectoare caracterizîndu-se prin viteze mari de oxidare. Astfel de metale sînt metalele alcaline şi alcalino pămîntoase. Metalele pentru care $\frac{V_{MO}}{V_M} > 1$ formează o peliculă care frînează considerabil desfăşurarea în continuare a proceselor de oxidare, adică posedă proprieăţi protectoare.

2. Cinetica coroziunii chimice

Prin cinetica coroziunii chimice se urmăreşte viteza cu care se desfăşoară coroziunea. Pentru a cunoaşte legile vitezei de coroziune a metalelor este necesar să se stabilească legile de creştere a peliculelor de coroziune. În cele ce urmează se prezintă pe scurt legile de creştere ale acestor pelicule (fig. 1).

a) *Legea liniară.* Se supun acestei legi acele metale pentru care $\frac{V_{MO}}{V_M} < 1$, metale care formează pelicule cu slabe proprietăţi protectoare. În acest caz coroziunea chimică va fi proporţională cu timpul (fig. 1 curba a).

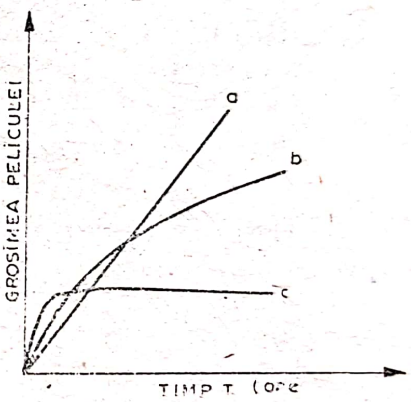


Fig. 1

$$Y = k_1 t$$

Y = grosimea peliculei

t = timpul

k_1 = o constantă

Metalele alcaline şi alcalino pămîntoase se corodează conform acestor legi.

b) *Legea parabolică.* Această lege se aplică metalelor care se acoperă cu pelicule protectoare, pelicule ce constituie o frînă în distrugerea metalului.

În acest caz viteza de coroziune se va micşora în funcţie de timp.

Variaţia grosimii peliculei în funcţie de timp are aspectul unei parabole (fig. 1 curba b).

$$Y^2 = k_2 t$$

k_2 = o constantă

Legea parabolică este confirmată de oxidarea la temperaturi ridicate a fierului, nichelului, cuprului, metale pentru care $\frac{V_{MO}}{V_M} > 1$.

c) *Legea logaritmică.* Această lege se aplică metalelor care formează de asemenea particule protectoare, cînd se observă o dependență logaritmică între grosimea peliculei și timpul de creștere a acesteia (fig. 1 curba c)

$$Y = \ln k_3 t$$

$$k_3 = \text{o constantă}$$

Viteza de creștere a peliculelor care se supun acestei legi va fi mai mică decît aceea în cazul legii parabolice.

Dintre metalele care se oxidează conform legii logaritmice se menționează aluminiul, zincul și cromul.

De menționat că legile de creștere a peliculelor descrise mai sus sînt respectate numai în absența fenomenelor secundare.

ALGORITM AL FORMALISMULUI LAGRANGE-HAMILTON PENTRU SISTEMUL CLASIC PARTICULĂ-CÎMP ELECTROMAGNETIC

Dr. *ALEXANDRU POPA* *, București

Lucrarea prezintă o discuție a formalismului Lagrange-Hamilton aplicat la studiul sistemului clasic particulă-cîmp electromagnetic, avînd ca punct de plecare expresia acțiunii scrisă sub cea mai generală formă. Prezentarea este făcută sub forma unui algoritm în care se pun în evidență etapele importante ale operațiilor, legătura între diversele mărimi, precum și aproximațiile care se fac. De asemenea, rezultă unele concluzii privind aplicabilitatea relațiilor care se obțin.

1. *Introducere*

Procedeul clasic de introducere a legilor electromagnetismului, care a fost folosit pentru prima dată de Maxwell (1), (2) și se întîlnește acum în majoritatea cursurilor și cărților de electromagnetism, este ilustrat de

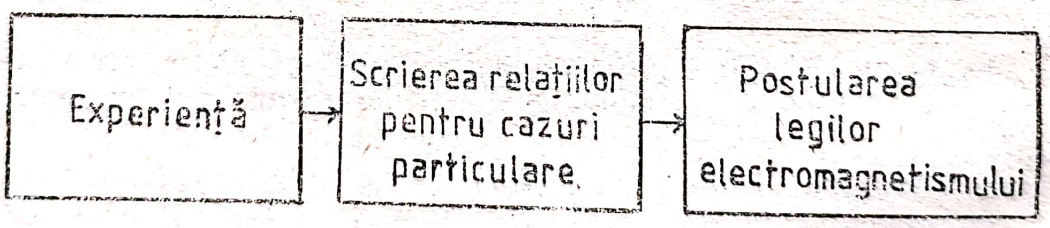


Fig. 1

schema din figura 1. Din studiul acestei figuri rezultă că legile electromagnetismului sînt postulate în așa fel încît aplicarea lor să ducă la concordanță între teorie și experiență.

O tratare foarte generală a sistemului particulă cîmp-electromagnetic se face apelînd la noțiunea de acțiune. Această tratare pornește de

* Institutul de Fizică și Tehnologia Aparatelor cu Radiații.

la un principiu variațional formulat de Hamilton, conform căruia sistemul evoluează astfel încît o mărime, în cazul de față acțiunea, este minimă Acest mod de abordare a problemei este întîlnit în referința (2) și consti tuie punctul de plecare pentru analiza prezentată în cele ce urmează Se va adopta Sistemul Internațional de unități de măsură (MKSA rațio-nalizat).

2. *Notații folosite*

$\overline{A} = (A_x, A_y, A_z)$ = potențialul vector și componentele lui
$A_i (i = 1, 2, 3, 4)$ = cuadripotențialul
c = viteza luminii
$\overline{E} = (E_x, E_y, E_z)$ = vectorul intensitatea cîmpului electric și componentele lui*
e = sarcina electronului
$\overline{F}_{ik} (i, k = 1,2,3,4)$ = tensorul cîmp electromagnetic
$\overline{H} = (H_x, H_y, H_z)$ = vectorul intensitatea cîmpului magnetic și componentele lui
$\mathcal{H}$ = funcția lui Hamilton (hamilatonianul)
i, k, l = indici ai cuadrivectorilor și cuadritensorilor**
$\overline{j} = (j_x, j_y, j_z)$ = vectorul densitate de curent și componentele lui
$j_i (i = 1, 2, 3, 4)$ = cuadrivectorul densitate de curent
L = funcția lui Lagrange (lagrangeanul)
m = masa electronului
$\overline{P} = (P_x, P_y, P_z)$ = vectorul impuls generalizat și componentele lui
$\overline{p} = (p_x, p_y, p_z)$ = vectorul impuls și componentele lui
$\overline{r} = (x, y, z)$ = vectorul de poziție și componentele lui
S, S_p, S_c, S_{pc} = acțiunea și cele trei componente ale sale, care depind, respectiv, de particulă, de cîmp și de interacția între particulă și cîmp
S = intervalul în spațiul cuadridimensional
t = timpul
$u_i (i = 1, 2, 3, 4)$ = cuadriviteza
$\overline{v} = (v_x, v_y, v_z)$ = vectorul viteză și componentele lui
x, y, z = indici ai componentelor vectorilor tridimensionali
$x_i (i = 1, 2, 3, 4)$ = cuadrivectorul de poziție în spațiul cuadridimensional
Ω = volumul în spațiul cuadridimensional
ε_0 = permitivitatea electrică a vidului
μ_0 = permitivitatea magnetică a vidului
ρ = densitatea de sarcină electrică
φ = potențialul scalar

* Prin vector, fără altă specificație, se înțelege un vector tridimensional.
** i este unitatea imaginară dacă nu este scris ca indice

Scanned with OKEN Scanner

Pentru a uşura urmărirea textului, în tabelul 1 se rezumă cîteva proprietăţi ale vectorilor în spaţiul cuadridimensional.

Tabelul 1

Cuadri-vectorul	Relaţia de definiţie	Componentele spaţiale	Componenta temporală	Relaţii importante
x_1		$x_1=x,\ x_2=y,\ x_3=z$	$x_4 = ict$	$ds^2 = -dx_i^2$
u_1	$u_1 = \frac{dx_1}{ds}$	$u_1 = \frac{v_x}{c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, etc*	$u_4 = \frac{i}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$	$u_i^2 = -1$
A_1		$A_1 = A_x$, etc.	$A_4 = \frac{i\varphi}{c}$	
j_1		$j_1 = j_x$, etc.	$j_4 = ic\rho$	

În continuare, cînd se întîlnesc doi indici identici, se va aplica regula de însumare. Spre exemplu, pentru intervalul infinitezimal în spaţiul cuadridimensional, există relaţia:

$$\overline{ds} = \sqrt{-(dx_i)^2} = \sqrt{-dx_i \cdot dx_i} = \sqrt{-dx_1^2 - dx_2^2 - dx_3^2 - (icdt)^2} =$$
$$= \sqrt{c^2 - \left(\frac{d\bar{r}}{dt}\right)^2}\,dt = c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\,dt \qquad (1)$$

3. *Descrierea algoritmului*

Se consideră un sistem de coordonate care descrie starea ansamblului particulă-cîmp electromagnetic. Spre exemplu, pentru o particulă care se află într-un cîmp electromagnetic dat, coordonatele de stare vor fi componentele cuadrivectorului de poziţie. Reprezentăm starea sistemului printr-un punctul într-un spaţiu descris de aceste coordonate. Evoluţia sistemului va fi descrisă de traiectoria acestui punct în spaţiul de coordonate.

Se consideră că sistemul evoluează dintr-o stare iniţială *a* într-o stare finală *b*, ambele cunoscute. Evoluţia sistemului poate avea loc pe mai multe căi, după cum este arătat în figura 2, fiecare punct al traiectoriilor fiind caracterizat de un set de valori pentru coordonatele de stare. Evoluţia sistemului decurge astfel încît este aleasă calea pentru care acţiunea este minimă, deci pentru care variaţia δS este nulă.

Acţiunea pentru sistemul particulă-cîmp electromagnetic este formată din trei părţi: o parte, notată cu S_p care depinde numai de proprietăţile particulei, o a doua parte, notată cu S_c, care depinde numai de

* Termenii următori se scriu prin permutarea indicilor 1, 2, 3 şi x, y, z

proprietăţile cîmpului şi a treia parte, notată cu S_{pc}, care depinde de interacţiunea dintre particulă şi cîmp.

$$S = S_p + S_c + S_{pc} \tag{2}$$

Expresiile celor trei componente ale acţiunii se postulează. Ele se scriu sub o formă, aleasă astfel, încît relaţiile care rezultă să conducă la ecuaţiile de mişcare ale particulei în cîmp şi la ecuaţiile lui Maxwell. Pentru expresiile componentelor lui S se poate da o justificare, dar nu o demonstraţie; această justificare este tratată exhaustiv în paragrafele 8, 15 şi 27 din referinţa (3). Expresiile componentelor acţiunii scrise în sistemul MKSA raţionalizat (SI)*, sub formă relativistă, folosind mărimi cuadridimensionale, sînt următoarele:

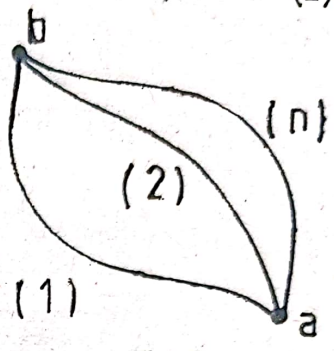


Fig. 2

$$S_p = -mc\int_1^2 ds \tag{3}$$

$$S_c = \frac{i}{4c\mu_0}\int_\Omega F_{ik}^2\, d\Omega \tag{4}$$

$$S_{pc} = e\int_1^2 A_k\, dx_k \qquad (5a) \qquad\qquad S_{pc} = -\frac{i}{c}\int_\Omega A_i j_i d\Omega \qquad (5b)$$

unde $\int_1^2$ şi $\int_\Omega$ arată că integrarea se face, respectiv, pe traiectoria particulei, între punctul iniţial 1 şi punctul final 2 şi pe spaţiul cuadridimensional. S-a considerat că particula este un electron în vid. Cele două expresii pentru S_{pc} sînt perfect echivalente, după cum se arată în paragraful 28 din referinţa (3). Se menţionează că a doua formă a lui S_{pc}, cea în care intră expresia densităţii de curent este mai generală, ea fiind valabilă pentru una sau mai multe particule. Relaţia(5a) este scrisă pentru o singură particulă; pentru mai multe particule se face o sumă a unor termeni de acelaşi tip.

Se consideră două cazuri particulare; în primul caz cîmpul este dat şi se variază traiectoria particulei, iar în al doilea caz este dată mişcarea particulei sau, în general, a particulelor, prin intermediul distribuţiei lui j_i şi se variază potenţialele cîmpului. În primul caz $S_c = 0$ iar în al doilea caz $S_p = 0$, rezultînd:

$$S = \int_2^1 (-mc\, ds + eA_i\, dx_i) \quad \text{(primul caz)} \tag{6}$$

$$S = \frac{1}{ic}\int_\Omega \left((A_i j_i - \frac{1}{4\mu_0} F_{ik}^2\right) d\Omega \quad \text{(al doilea caz)} \tag{7}$$

Algoritmul formalismului analizat în continuare este dat în figura 3.

* În referinţa (3) aceste expresii sînt scrise în sistemul lui Gauss neraţionalizat

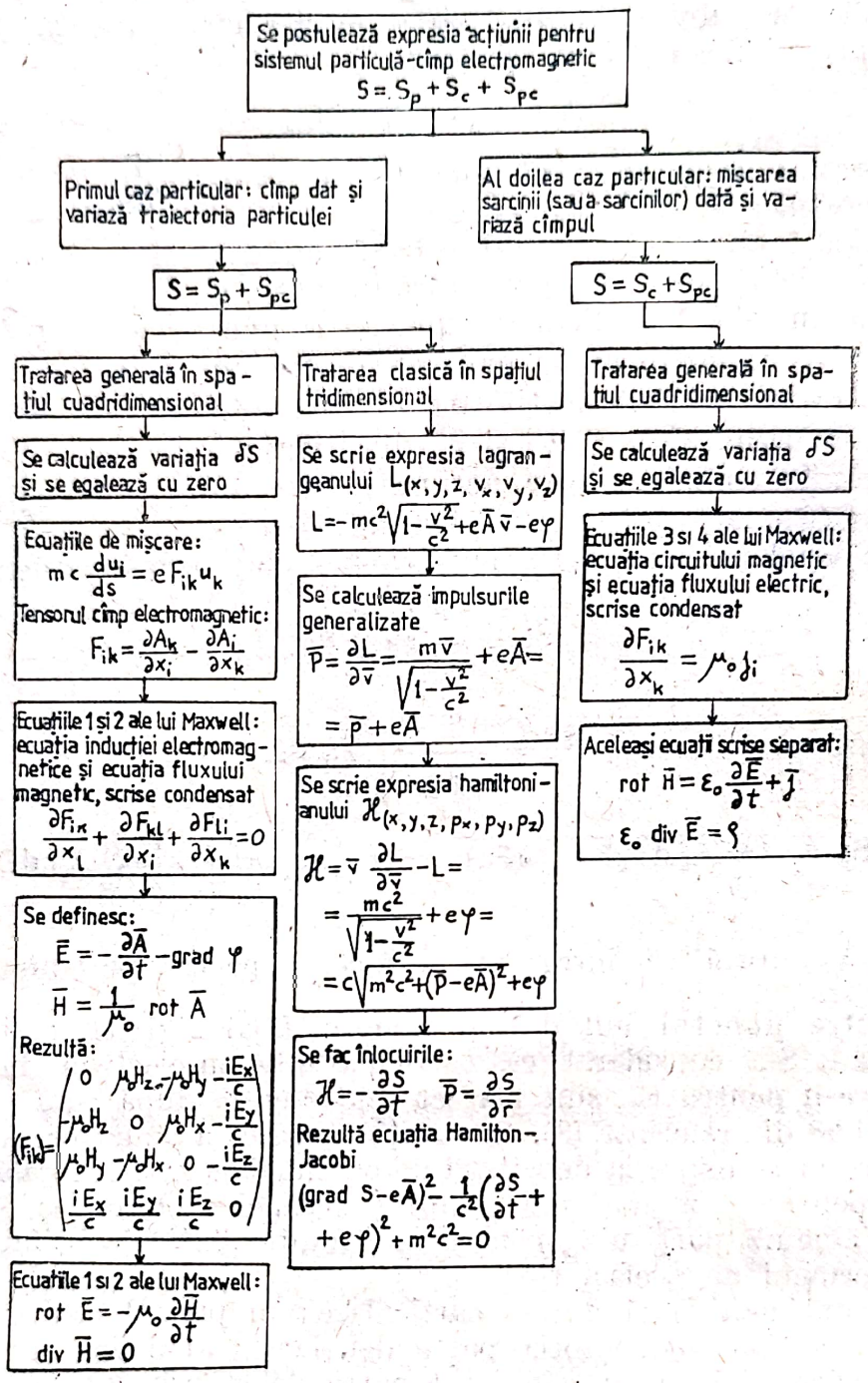


Fig. 3

Primul caz particular

Operațiunile care se fac asupra lui S sînt descrise de următoarele etape :

1) Se determină coordonatele de stare. În acest caz se presupune cunoscută distribuția lui A_i în timp și spațiu și variază traiectoria particulei, deci variabilele de stare sînt componentele x_i ale cuadrivectorului de poziție a particulei. Se vor folosi următoarele relații :

$$\delta dx_i = d\delta x_i \tag{8}$$

$$\delta ds = \delta\sqrt{-dx_i^2}\,\frac{-dx_i\,d\delta x_i}{ds} \tag{9}$$

conform relației (1), și

$$\delta A_i = \frac{\partial A_i}{\partial x_k}\,\delta x_k\,; \quad dA_i = \frac{\partial A_i}{\partial x_k}\,dx_k \tag{10}$$

2) Se calculează variația δS ținînd cont de relațiile (6), (8), (9) și (10) în felul următor :

$$\delta S = \int_1^2 [-mc\,\delta ds + e\delta(A_i\,dx_i)] = \int_1^2 \left(mc\,\frac{dx_i\,d\delta x_i}{ds} + eA_i\,d\delta x_i + \right.$$

$$\left. + e\delta A_i\,dx_i \right) = \int_1^2 \left[(mc\,u_i + eA_i)\,d\delta x_i + e\,\frac{\partial A_k}{\partial x_i}\,\delta x_i\,dx_k \right] \tag{11}$$

La ultimul termen s-au schimbat indicii i și k fără să se schimbe valoarea expresiei, deoarece repetarea indicilor presupune o însumare după indicii respectivi.

3) Se efectuează o operație de integrare prin părți, convenabil aleasă, astfel încît variația coordonatei de stare (în cazul de față δx_i) să poată fi dată factor comun. Efectuînd o integrare prin părți asupra termenului care conține pe $d\delta x_i$, rezultă :

$$\delta S = (mcu_i + eA_i)\delta x_i \Big|_2^1 + \int_1^2 \left[-mc\,\frac{du_i}{ds} + e\left(\frac{\partial A_k}{\partial x_i}\,\frac{dx_k}{ds} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k}\,\frac{dx_k}{ds} \right) \right] \delta x_i ds =$$

$$= \int_1^2 \left[-mc\,\frac{du_i}{ds} + e\left(\frac{\partial A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k} \right) u_k \right] \delta x_i\,ds \tag{12}$$

Primul termen al integralei prin părți este nul deoarece punctele 1 și 2 fiind fixe, δx_i se anulează în fiecare din ele.

4) Se egalează expresia lui δS cu zero. Avînd în vedere că variațiile δx_i sînt arbitrare pe tot domeniul de integrare în afară de punctele 1 și 2, unde sînt nule, se obține ecuația de mișcare a sarcinii în cîmp în spațiul caudridimensional :

$$mc\,\frac{du_i}{ds} = e\left(\frac{\partial A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k} \right) u_k \tag{13}$$

Consecința cea mai importantă care rezultă din analiza acestei ecuații este că termenul care depinde de potențialele cîmpului și care caracterizează cîmpul electromagnetic este

$$F_{ik} = \frac{\partial A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k} \tag{14}$$

Acesta este numit tensor cîmp electromagnetic. Din relația (14) rezultă direct

$$\frac{\partial F_{ik}}{\partial x_l} + \frac{\partial F_{kl}}{\partial x_i} + \frac{\partial F_{li}}{\partial x_k} \tag{15}$$

Scanned with OKEN Scanner

Ecuaţia (15) reprezintă forma condensată a primelor două ecuaţii ale lui Maxwell, ecuaţia inducţiei electromagnetice şi ecuaţia fluxului magnetic.

Expresiile componentelor tensorului F_{ik} în funcţie de componentele vectorilor intensitate cîmp electric şi magnetic $\overline{E}$ şi $\overline{H}$ se deduc ţinînd cont de relaţiile de definiţie ale acestora în funcţie de potenţiale:

$$\overline{E} = -\frac{\partial \overline{A}}{\partial t} - \operatorname{grad} \varphi \tag{16}$$

$$\overline{H} = \frac{1}{\mu_0} \operatorname{rot} \overline{A} \tag{17}$$

Astfel, din relaţiile (14), (16) şi (17), utilizînd expresiile componentelor cuadrivectorului A_i din tabelul 1, rezultă:

$$(F_{ik}) = \begin{pmatrix} 0 & \mu_0 H_z & -\mu_0 H_y & -\dfrac{iE_x}{c} \\ -\mu_0 H_z & 0 & \mu_0 H_x & -\dfrac{iE_y}{c} \\ \mu_0 H_y & -\mu_0 H_x & 0 & -\dfrac{iE_z}{c} \\ \dfrac{iE_x}{c} & \dfrac{iE_y}{c} & \dfrac{iE_z}{c} & 0 \end{pmatrix} \tag{18}$$

Într-adevăr, spre exemplu, pentru componenta F_{12} a tensorului, avem:

$$F_{12} = \frac{\partial A_2}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_2} = \frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y} = \mu_0 H_z$$

şi aşa mai departe.

Ecuaţiile 1 şi 2 ale lui Maxwell se scriu:

$$\operatorname{rot} \overline{E} = -\mu_0 \frac{\partial \overline{H}}{\partial t} \tag{19}$$

$$\operatorname{div} \overline{H} = 0 \tag{20}$$

Ţinînd cont de semnificaţia termenilor tensorului F_{ik}, se poate verifica uşor că ecuaţia (15) este forma condensată a ecuaţiilor (19) şi (20). Spre exemplu, pentru $i = 1$, $k = 2$ şi $l = 3$, din relaţia (15) rezultă:

$$\frac{\partial F_{12}}{\partial x_3} + \frac{\partial F_{23}}{\partial x_1} + \frac{\partial F_{31}}{\partial x_2} = \mu_0 \left(\frac{\partial H_z}{\partial z} + \frac{\partial H_x}{\partial x} + \frac{\partial H_y}{\partial y} \right) = \mu_0 \operatorname{div} \overline{H} = 0$$

deci se obţine ecuaţia (20).

Scanned with OKEN Scanner

Al doilea caz particular

Operaţiunile se vor efectua ca în cazul anterior:

1) Se determină coordonatele de stare. În acest caz se presupune cunoscută distribuţia de curenţi şi trebuie determinat cîmpul. Coordonatele de stare vor fi componentele cuadripotenţialului A_i în fiecare punct al spaţiului şi în fiecare moment al timpului.

2) Se calculează variaţia δS. Ţinînd cont de relaţiile (7) şi (14), rezultă:

$$\delta S = \frac{1}{ic}\int_\Omega \left(j_i \delta A_i - \frac{1}{2\mu_0} F_{ik}\delta F_{ik} \right) d\Omega =$$

$$= \frac{1}{ic}\int_\Omega \left[j_i \delta A_i - \frac{1}{2\mu_0} F_{ik}\delta\left(\frac{\partial A_k}{\partial x_i} - \frac{\partial A_i}{\partial x_k} \right) \right] d\Omega \qquad (21)$$

Ţinînd cont că

$$\delta \frac{\partial A_k}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_i}(\delta A_k)$$

şi

$$F_{ik} = -F_{ki}$$

şi permutînd indicii i şi k în penultimul termen al relaţiei (21), rezultă:

$$\delta S = \frac{1}{ic}\int_\Omega \left[j_i \delta A_i + \frac{1}{\mu_0} F_{ik} \frac{\partial}{\partial x_k}(\delta A_i) \right] d\Omega \qquad (22)$$

3) Ultimul termen al relaţiei (22) se integrează prin părţi, după cum urmează:

$$\int_\Omega \left[F_{ik} \frac{\partial}{\partial x_k}(\delta A_i) \right] d\Omega = \int_\Omega \left[\frac{\partial}{\partial x_k}(F_{ik}\delta A_i) - \frac{\partial F_{ik}}{\partial x_k}\delta A_i \right] d\Omega \qquad (23)$$

Primului termen din relaţia (23) i se aplică teorema lui Gauss, care se enunţă astfel:

$$\int_\Omega \frac{\partial V_k}{\partial x} d\Omega = \oint_{S_\Omega} V_k dS_k \qquad (24)$$

unde V_k este un vector oarecare, S_Ω este suprafaţa care mărgineşte volumul Ω, iar dS_i este elementul de arie perpendicular pe axa de coordonate i. Ţinînd cont de relaţiile (23) şi (24), relaţia (22) devine

$$dS = \frac{1}{ic}\int_\Omega \left(j_i - \frac{1}{\mu_0}\frac{\partial F_{ik}}{\partial x_k} \right) \delta A_i d\Omega + \frac{1}{ic\mu_0}\oint_{S_\Omega} F_{ik}\delta A_i dS_k \qquad (25)$$

Ultimul termen al acestei expresii este nul deoarece volumul Ω cuprinde tot spaţiul, iar integrala se face pe suprafaţa de la infinit, unde cîmpul electromagnetic, deci şi componentele lui, F_{ik}, sînt nule.

4) Se egalează cu zero expresia lui δS.

$$\delta S = \frac{1}{ic}\int_\Omega \left(j_i - \frac{1}{\mu_0}\frac{\partial F_{ik}}{\partial x_k} \right) \delta A_i d\Omega = 0 \qquad (26)$$

Scanned with OKEN Scanner

Avînd în vedere că variaţiile δA_i sînt arbitrare, rezultă că paranteza din interiorul integralei este nulă, deci

$$\frac{\partial F_{ik}}{\partial x_k} = \mu_0 j_i \tag{27}$$

Relaţia (27) reprezintă forma condensată a ecuaţiilor 3 şi 4 ale lui Maxwell, adică ecuaţia circuitului magnetic şi ecuaţia fluxului electric. Într-adevăr, ţinînd cont de componentele lui F_{ik} şi j_i date, respectiv, de relaţia (18) şi de tabelul 1, precum şi de relaţia

$$\varepsilon_0 \mu_0 c^2 = 1 \tag{28}$$

rezultă

$$\operatorname{rot} \overline{H} = \varepsilon_0 \frac{\partial \overline{E}}{\partial t} + \overline{j} \tag{29}$$

$$\varepsilon_0 \operatorname{div} \overline{E} = \rho \tag{30}$$

În algoritmul din figura 3 este reprezentată succesiunea operaţiilor prezentate anterior. În plus, pentru primul caz s-a ilustrat succesiunea operaţiilor din cadrul formalismului lui Lagrange. Acest formalism are ca punct de plecare expresia acţiunii scrisă utilizînd mărimi tridimensionale şi avînd ca variabilă de integrare timpul. Astfel, cu ajutorul relaţiei (1) şi ţinînd cont de componentele lui A_k şi x_k date de tabelul 1, se obţine :

$$S = \int_1^2 L dt = \int_1^2 \left(- mc^2 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} + e\overline{Av} - e\varphi \right) dt \tag{31}$$

Operaţiile care urmează sînt date explicit în algoritmul din figura 3 ; ele au ca scop obţinerea funcţiei lui Lagrange, de unde rezultă, pe rînd, impulsurile generalizate, funcţia lui Hamilton şi ecuaţia lui Hamilton-Jacobi, care constituie o altă formă a ecuaţiei de mişcare a sarcinii. Se va ţine cont că $\frac{\partial L}{\partial \overline{v}}$ este notaţia simbolică a vectorului ale cărui componente sînt egale cu derivatele lui L în raport cu componentele corespunzătoare ale lui $\overline{v}$.

4. *Concluzii*

În tratarea sistemului particulă-cîmp electromagnetic, utilizînd principiul acţiunii minime, s-au făcut două aproximaţii. S-au considerat, pe rînd, în primul caz, cîmpul independent de sarcină, iar în al doilea caz, curentul determinat de sarcină (sau de sarcini), ca fiind independent de cîmp. Cu prima aproximaţie a rezultat forma condensată a ecuaţiilor inducţiei electromagnetice şi fluxului magnetic, precum şi ecuaţia de mişcare a sarcinii în cîmp. Cu a doua aproximaţie a rezultat forma condensată a ecuaţiilor circuitului magnetic şi fluxului electric. De aici rezultă unele limitări în aplicabilitatea acestor ecuaţii ; ca un exemplu, atunci cînd se calculează traiectoria particulei cînd se cunoaşte distribuţia cîmpului, un calcul riguros ar trebui să ţină cont că sarcina, la rîndul ei,

Scanned with OKEN Scanner

influenţează cîmpul, modificîndu-l. Din această cauză în unele probleme, pentru rigurozitate, poate fi mai util să se pornească direct de la expresia acţiunii sau de la cea a funcţiei lui Lagrange, scrise sub o formă cît mai generală.

BIBLIOGRAFIE

1. *J. C. Maxwell*, A dynamical theory of electromagnetic field, în The Scientific Papers of J. C. Maxwell, vol. 1, pag. 526—597, Cambridge Univ. Press, Cambridge, England, 1890.
2. *J. C. Maxwell*, A Treatise on Electricity and Magnetism, Dover, New York, 1954
3. *L. D. Landau, E. M. Lifşiţ*, Teoria Cîmpului, Editura Tehnică, Bucureşti, 1963.

MODALITATE DE ORGANIZARE A UNEI LECŢII DE RECAPITULARE CU CARACTER INTERDISCIPLINAR CU EXEMPLIFICARE PENTRU CAPITOLUL DE ELECTROCHIMIE

Prof. *GRECESCU CORNELIA* *, Bucureşti

Scopul lecţiei şi obiective urmărite

Ridicarea calităţii lecţiei în condiţiile actuale de creştere a exigenţelor şi cerinţelor care se pun în faţa şcolii, vizează în principal două aspecte :

— elasticitatea si
— supleţea organizării lecţiei sub aspect metodic

Primul aspect se referă la alegerea de fiecare dată a celor mai potrivite forme de muncă, realizarea deci a unor lecţii ireversibile şi irepetabile.

Al doilea aspect vizează găsirea modalităţilor celor mai adecvate pentru atingerea obiectivelor propuse.

Orice lecţie se poate înfăţişa sub variante forme şi structuri — deci viziunea metodică de realizare a unei aceleiaşi lecţii poate îmbrăca forme foarte variate, funcţie de profesor şi de nivelul de pregătire a elevilor cît şi de interesul acestora pentru disciplina chimiei.

În acest caz mi-am propus obiective de ordin :

— *cognitiv* : trecerea în revistă a principalelor cunoştinţe teoretice însuşite în cadrul capitolului procese redox şi legarea lor imediată de aplicaţii directe : pile electrice şi electroliza. Interpretarea rezultatelor experimentului conform teoriei electronice.

— *psihomotorii* : legarea teoriei de practică — realizarea experimentului propus şi interpretarea lui — ceea ce presupune o anumită manualitate şi acurateţe pentru executarea lui.

Ideea este de a forma deprinderi practice — valoarea formativă a lucrărilor de laborator fiind unanim recunoscute.

Experimentul are funcţii : cognitive, formative şi aplicative şi educă spiritul de investigaţie al elevilor.

* Liceul N. Bălcescu

Scanned with OKEN Scanner

Metode și mijloace de realizare

În instruire (ca și în alte domenii de activitate) metodele cumulează un ansamblu de norme și acțiuni îmbinate judicios, care sprijină realizarea scopurilor activității.

Metoda este strategia activității, comportînd caracteristici ce îi definesc cîmpul de acțiune, progresivitatea și modul de coordonare a procesului asupra căruia acționează. Trebuiesc analizate și gîndite atît metodele de care uzezi ca profesor (în predare) cît și metodele pe care le vor folosi elevii în activitatea de învățare.

Metodele trebuie astfel alese încît elevul să fie pus în situația descoperirii și redescoperirii adevărurilor științifice, să asimileze noile cunoștințe și să valorifice permanent materia deja însușită (nu numai la obiectul de studiu al chimiei — în cazul nostru — ci și la alte obiecte fizico-matematice).

Dintre metodele și mijloacele folosite amintesc :

Intuiția și euristica

Ele se bazează pe activități mintale conștientizate, anticipînd căi noi de rezolvare a diferitelor situații.

Se aplică cu succes la rezolvarea situațiilor problemă și în activități creative.

Insight-ul (inuiție în conceptul modern) antrenează și valorifică acumulările cognitive anterioare, experiența anterioară a elevului, ducînd și fiind sinonime în final cu „inspirația" din momentul descoperirii soluției

Conversația euristică are rol de stimulare a activității de gîndire permițînd o realizare a fed-backului.

Ca metode intuitive de predare pe care le-am folosit mai amintesc :

— *observația* în vederea realizării treptei inițiale a activității informaționale, instrument de cunoaștere care pe plan psihologic reprezintă forma concretă a procesului de analiză și sinteză.

Subliniez rolul profesorului în realizarea unei observații dirijate care trebuie să stabilească precis scopul folosirii acestui instrument de cunoaștere.

— *experimentul de laborator* — metoda de instruire proprie investigației. Experimentul creiază condițiile proprii analizei științifice și favorizează procesele intelectuale de selecție a generalului din particular. Elevul operează cu legi, concepte, reguli într-o strînsă interdependență.

Învățarea prin descoperire — sau metoda „experienței prin încercare" — ea constă într-o reuniune de procedee intuitive ce răspund imperativelor : privește, cercetează înțelege.

Descoperirea are ca punct de plecare o problemă, o întrebare și presupune o suită de acțiuni de căutare și asimilare.

Actul final al descoperirii e reprezentat de capacitatea elevului de a-și realiza niște construcții intelectuale flexibile, să aibă acces la operațiile cu simboluri.

În acest caz elevii interpretează singuri experiența și scriu procesele redox ce se produc.

Scanned with OKEN Scanner

Învățarea cu ajutorul modèlelor.

Modelul poate fi definit ca un sistem material sau ideal (teoretic care reproduce și explică structura sau funcțiile esențiale ale unei realități pe care o reprezintă.

La lecția pe care o descriu s-au folosit modele teoretice (simbolice): ecuațiile reacțiilor chimice, diagramele pilelor, grafice. Experiența cu caulometrul de cupru poate fi considerată model, ea avînd aplicații practice imediate.

Exercițiul. — esteo metodă de instruire individuală prin care elevul revine asupra cunoștințelor și a deprinderilor învățate.

În vederea consolidării noțiunilor, regulilor și legilor cu care elevii au operat în timpul lecției, le-am propus două exerciții — care vor fi enunțate ulterior.

Mijloace tehnice moderne.

Mijloace tehnice uzuale : retroproiectorul

Mijloace tehnice audio-vizuale : filmul didactic sonor.

Filmul (secvența de film aleasă), trebuie să se integreze foarte bine în lecție, să pună în lumină cu claritate sarcina de studiu urmărită.

La lecția de recapitulare a capitolului „Electrochimie" am folosit secvențe din fimul didactic „Procese redox", referitoare la : coroziunea metalelor și la protecția împotriva coroziunii (acoperiri protectoare).

Lecția a avut ca scop obiective de ordin :

a. cognitiv

b. psihomotorii.

a) *Obiective de ordin conitiv.*

În cadrul lecției au fost revizuite și aprofundate următoarele noțiuni :

Obiectul de studiu al electrochimiei :

— electrochimia studiază fenomenele și modificările ce au loc la interfața a două medii dintre care unul are electroni relativ liberi, iar celălalt mediu conține ioni, atunci cînd interfața este traversată de sarcini electrice.

Electrochimia este o știință interdisiplinară folosind multe metode de lucru și noțiuni atît ale fizicii cît și ale chimiei.

De-a lungul întregii lecții am subliniat și punctat caracterul interdisciplinar al noțiunilor, iar problemele propuse spre rezolvare au solicitat din plin cunoștințele de fizică.

Dintre reacțiile chimice proprii electrochimiei cele mai importante sînt cele de oxidoreducere.

Acestea, în funcție de criteriul pe care îl avem în vedere, le putem împărți :

1. — în fază omogenă
   — în fază eterogenă (proprie electrochimiei), se desfășoară la interfața solid-soluție de electrolit.
2. — procese redox spontane
   — procese redox impuse

Scanned with OKEN Scanner

Procese redox spontane

Pilele electrice (elemente galvanice)

În pile se realizează transformarea energiei chimice în energie electrică. O pilă se compune din doi conductori electronici (metal, grafit) în contact cu un electrolit.

Putem defini electrodul ca interfaţa la contactul unei faze cu conducţie preponderent electronică cu alta cu conducţie preponderent ionică.

Diferenţa de potenţial la interfaţa metal-soluţie se numeşte potenţial de electrod.

În continuare a fost evidenţiată „teoria osmotică a pilelor" a lui Nernst — definindu-se din nou în această accepţiune potenţialul de electrod.

Am subliniat ideea că în centrul electrochimiei stă interfaţa conductor electronic-conductor ionic, deci electrodul.

Ambele faze constituente ale electrodului conţin, sarcini mobile care în regiunea de interfaţă suferă o rearanjare faţă de starea din interiorul fazelor, putînd trece dintr-o fază în alta în vederea stabilirii unui sistem de echilibru, astfel apare o „electrizare" a interfeţei celor două faze încărcîndu-se cu sarcini egale şi de semn contrar.

Caracteristica principală a interfeţei numită electrod este potenţialul electric. Acesta nu se poate determina în valoare absolută ci relativă — în raport de un electrod de hidrogen (cu potenţialul convenţional luat zero) sau cu un alt electrod de referinţă.

Elevii au putut vedea cum arată şi cum funcţionează electrodul de hidrogen şi electrodul de calomel.

Cunoscînd şi operînd cu aceste concepte, elevii au putut interpreta uşor datele experimentului.

b) *Obiective de ordin psihomotor.*

Legînd tot timpul noţiunile teoretice de aplicaţiile practice imediate, le-am propus elevilor următoarea experienţă-problemă:

— se dau doi electrozi unul de Zn şi altul de Al.

În cuva electrolitică este o soluţie de NaCl.

Realizaţi un montaj în scopul construirii unei pile electrice introducînd în circuit un aparat de măsură. Ce observaţi?

— Introduceţi cei doi electrozi într-o soluţie de H_2SO_4 (acid sulfuric). Ce se observă în acest caz?

— Reluaţi experienţa de la început folosind o soluţie de NaOH (hidroxid de sodiu).

Se observă vreo schimbare în amplitudinea sau sensul devierii acului galvnometrului?

Scrieţi pentru fiecare situaţie schema reacţiilor chimice şi explicaţi fenomenele ce au avut loc.

Rezolvarea problemei.

Al în seria tensiunilor (activităţii metalelor) e plasat înaintea Zn. Deci Al are tendinţa de oxidare mai pronunţată decît Zn şi în consecinţă la această pilă ar trebui să funcţioneze drept anod.

Scanned with OKEN Scanner

In realitate se observă la închiderea circuitului un curent slab ce circulă Zn → Al.

Al este acoperit cu o epliculă foarte fină de oxid (compactă și aderentă — care impiedică să fie corodat mai departe; Al nu e atacat de apă nici la fierbere.

Reacția $Al \rightarrow Al^{+3} + 3e^-$ *nu are loc*

Pila funcționează astfel — În soluție $2NaCl \leftrightarrows Na^+ + Cl^-$

anod $Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$

catod $2H_2O \rightarrow 2HO^- + H_2$

Total $2NaCl + Zn + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + ZnCl_2 + H_2$

Simbolul pilei (—) $Zn/NaCl/Al_2O_3/Al$ (+)

Al se comportă ca un electrod inert, adică viteza de reacție la interfață este zero pentru schimbul ionic, dar nu pentru electronii care asigură reducerea catodică a unei specii din soluție.

2) Adăugăm o soluție de H_2SO_4. Ce se observă în acest caz? Se observă o creștere a amplitudinii acului aparatului de măsură.

$H_2SO_4 \leftrightarrows SO_4^{2-} + 2H^+$

Anod $Zn^\circ \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$

Pila

Catod $2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H \rightarrow H_2$ (—) $Zn/H_2SO_4/Al_2O_3/Al$ (+)

$Zn^{+2} + SO_4^{2-} \rightarrow ZnSO_4$

Total $Zn^\circ + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$

Se înregistrează o valoare maximă a f.e.m. debitată de aceasta pilă.

3) Înlocuim soluția de NaCl cu o soluție de NaOH. Ce se întîmplă în acest caz?

În cazul în care înlocuim soluția de NaCl cu una de NaOH, în acest caz filmul de Al_2O_3 este distrus și *Al* va funcționa în sfîrșit conform poziției sale în seria activității metalelor. Acul galvanic deviază puternic în sens invers devierii din experiența precedentă.

Al este anod.

$$Al_2O_3 + 2NaOH + 3HOH \rightarrow 2Na[Al(OH)_4]$$

În acest experiment s-a realizat de fapt o pilă ireversibilă — o macropilă de coroziune. Ea permite studierea fenomenului de coroziune și deci implicit găsirea unor soluții de protecție (protecția catodică cu anozi de sacrificiu).

Din categoria *proceselor redox spontane* m-am referit la electroliza cu anod solubil și aplicațiile pe care acest tip de electroliză îl are:

— galvanostegia

— electroafinarea

— etalonarea unui ampermetru cu ajutorul coulometrului de cupru (sau gaz). Elevii au făcut determinări experimentale cu ambele coulometre.

S-au prezentat două secvențe din filmul didactic „Procese redox" care mi-au sugerat următoarea problemă pe care am propus-o elevilor spre rezolvare.

Scanned with OKEN Scanner

Un obiect cu suprafaţa de 100 cm^3 este supus nichelării prin introducere într-o baie electrolitică cu anod de Ni ce conţine Ni^{+2} (ioni).

Intensitatea curentului este de 1 A, iar timpul electrolizei de 6 minute. Densitatea Ni = 8,9 g/cm^3.

Să se stabilească grosimea stratului de Ni, dacă randamentul este 80 %.

Este eficientă operaţia de nichelare, stiind că pentru aceasta grosimea stratului de nichel trebuie să fie mai mare de 20 microni?

METODA RÖNTGENOGRAFICĂ FOLOSITĂ ÎN STUDIUL STRATURILOR SUBŢIRI DE Al ŞI Si

Chimist *MUSCALU L. MARIA* * Breaza

Straturile subţiri reprezintă astăzi un domeniu din ce în ce mai mult studiat atît din punct de vedere teoretic cît şi experimental. Explicaţia constă în aceea că sfera de aplicaţie a straturilor subţiri s-a extins considerabil. Realizările de mare fineţe dintr-o serie de domenii : electronică, microelectronică, optoelectronică, dispozitive de calcul şi automatizare nu ar fi fost posibile fără utilizarea straturilor subţiri. Pe de altă parte, studiul proprietăţilor electrice, optice, magnetice şi chemisorbtive ale filmelor subţiri a adus numeroase informaţii, care au impulsionat dezvoltarea fizicii şi chimiei solidelor.

Deosebit de importantă este, deci, cunoaşterea proprietăţilor filmelor subţiri, proprietăţi care condiţionează utilizarea lor într-un anumit domeniu. Acest lucru este posibil într-o analiză structurală prealabilă. Dintre metodele de investigaţie structurală a filmelor subţiri deosebit de importantă este metoda röntgenografică. Această metodă, bazată pe difracţia razelor X se poate realiza în diferite variante şi permite obţinerea de informaţii structurale sporite.

În cele ce urmează sînt conturate principalele caracteristici ale analizei structurale a straturilor subţiri, bazată pe difracţia razelor X, precizîndu-se tipurile de informaţii care se pot obţine.

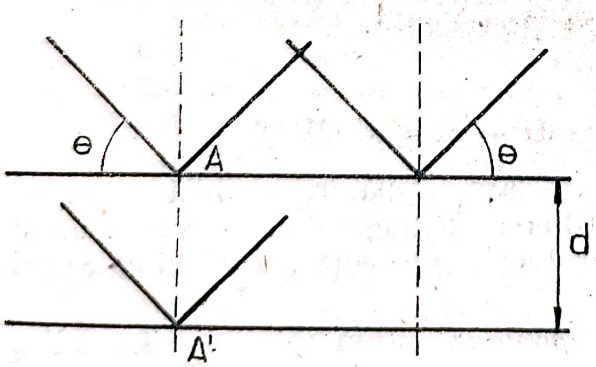


Fig. 1

Interacţia radiaţiei X cu structura cristalină conduce la maxime de difracţie, a căror poziţie se determină din legea Bragg (fig. 1) :

$$2d_{hkl} \sin \theta = n\lambda \qquad (1)$$

unde d_{hkl} este distanţa dintre planele cristaline, θ este unghiul de difracţie, iar λ lungimea de undă a radiaţiei incidente.

Din imaginea de difracţie se pot determina, deci, imediat în baza legii Bragg parametrii reţelei cristaline şi mai departe diverse detalii ale

* Fabrica Mecanica de Precizie.

Scanned with OKEN Scanner

acesteia. Pentru determinarea precisă a acestor parametri, trebuie să se obţină un număr mare de maxime de difracţie, care să conducă la măsurarea unui număr convenabil de valori d_{hkl}. În acest scop în experienţele de difracţie trebuie modificat un număr de parametri experimentali. În funcţie de alegerea acestora se poate face şi o clasificare a metodelor de difracţie [1]. Din relaţia Bragg se observă că pot fi modificaţi trei parametri : lungimea de undă a radiaţiei incidente şi doi parametri geometrici, ce definesc orientarea direcţiei de propagare a radiaţiei faţă de cristalul studiat. Corespunzător alegerii parametrilor variabili, există mai multe montaje experimentale :

A. Cazul unui singur parametru variabil. Acesta poate fi : lungimea de undă a radiaţiei incidente λ sau unul din parametrii geometrici. Metoda de investigaţie cristalină, care foloseşte un fascicul policromatic (λ variabilă) este metoda Laue (1). Deosebit de această metodă cu cristal staţionar, cealaltă metodă bazată pe varierea unui parametru geometric, foloseşte un cristal mobil (2) şi se poate realiza în două variante : (2′) cu film staţionar şi (2″) cu film mobil, mişcarea filmului fiind corelată cu a cristalului. Mai mult folosită dintre metodele cu cristal mobil este metoda cristalului rotativ, în cadrul căreia se menţine fix izvorul de radiaţii şi sistemul de colimare şi se roteşte cristalul.

B. Cazul a doi parametri variabili concomitent. Alegerea lor se poate face în două moduri :

(1) Se pot varia cei doi parametri ce definesc direcţia de propagare a radiaţiei incidente în raport cu cristalul studiat. Metoda de investigaţie corespunzătoare va consta în trimiterea unui fascicul monocromatic pe un eşantion policristalin, este metoda pulberilor sau Debye-Scherrer.

(2) Se variază unul din parametri geometrici şi lungimea de undă a radiaţiei incidente. Imaginea de difracţie, în acest caz, este o suprapunere a imaginilor rezultate din aplicarea concomitentă a procedeelor de analiză, ce folosesc un singur parametru variabil. Varierea acestor parametri nu se foloseşte ca principiu al unei metode de analiză structurală, deoarece nu aduce informaţii suplimentare faţă de metodele mai simple.

Această categorie de metode (B) se foloseşte în studiul policristalelor.

În sfîrşit nu se poate folosi o metodă de investigaţie în care toţi cei trei parametri sînt variabili.

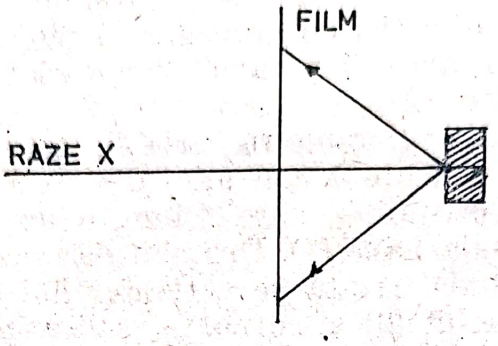
În afara celor descrise mai sus, s-au imaginat metode care să permită studiul suprafeţei cristalelor, a unor defecte şi detalii superficiale, deosebit de importante, mai ales în cazul depunerilor subţiri-cunoscute ca metode topografice.

În studiul experimental al straturilor subţiri de Al şi Si, s-a folosit metoda röntgenografică în variantele : Laue, Debye-Scherrer şi metoda fotografică.

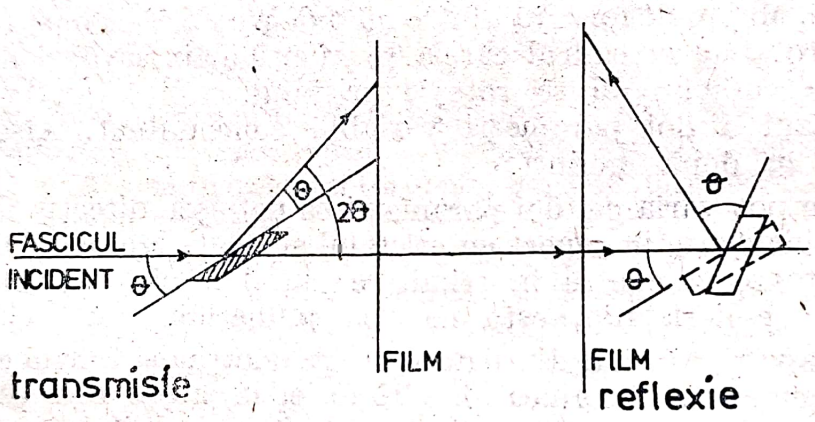
a. Metoda Laue constă în iradierea unui monocristal de dimensiuni mici, cu raze X, avînd un spectru continuu. Monocristalul are o poziţie fixă în raport cu axa optică a fasciculului incident. Figura de difracţie se înregistrează pe o placă fotografică, aşezată normal pe axa fasciculului. Pentru claritatea şi simplitatea imaginii de difracţie e bine să se folosească un tub de raze X, care să dea un spectru continuu şi foarte intens. Din

Scanned with OKEN Scanner

fasciculul „alb" folosit, fiecare familie de plane își selectează lungimea de undă corespunzătoare, conducînd la maxime de interferență a razelor reflectate, care apar sub formă de pete pe diagrama Laue. Localizarea acestor pete în imagine este determinată exclusiv de orientarea familiilor de plane în raport cu fasciculul incident, deci cristale cu aceeași structură și orientare, însă cu parametri diferiți, vor da imagini Laue identice. Din



a



b

Fig. 2

aceste motive metoda Laue nu poate fi folosită pentru determinarea constantelor geometrice ale rețelei. Acestea se pot obține ușor și cu precizie destul de bună din imaginile de difracție Debye-Scherrer. Avantajul metodei Laue este însă acela de a permite determinarea orientării planelor cristaline și a simetriei rețelei. Determinarea simetriei cristaline e posibilă datorită faptului că imaginea de difracție păstrează simetria rețelei. În acest scop este necesar să se cunoască indicii planelor reticulare, corespunzătoare diferitelor pete ale diagramei. Pentru aceasta se folosesc proiecția geometrică și stereografică [3], [4].

Transpunerea experimentală a metodei Laue se poate face în montaje prin transmisie ($\theta \to 0°$, filmul se așează după cristal — fig. 2 a) sau prin reflexie ($\theta \to 90°$], filmul este plasat înaintea cristalului — fig. 2b). Folosirea unuia dintre aceste montaje depinde de mărimea și transparența cristalului la radiație [5].

În completarea metodei Laue se poate folosi o metodă care permite explorarea suprafeței cristalului, evidențierea unor detalii și defecte superficiale. Berg — inițiatorul acestei metode a operat cu un montaj prin reflexie. Condițiile de lucru au fost asemănătoare : sursă punctuală (tuburi

cu focare foarte fine) suficient de depărtată de cristal, emite o radiație policromatică, iar filmul este situat la o distanță mică de suprafața cristalului, paralel cu ea. Considerăm o familie de plane reticulare, dînd reflexii particular intense, de exemplu paralele cu suprafața. Dacă cristalul e perfect omogen, pata de difracție are forma cristalului sau a părții iradiate (fig. 3). Diferite părți din cristal reflectă la lungimi de undă diferite

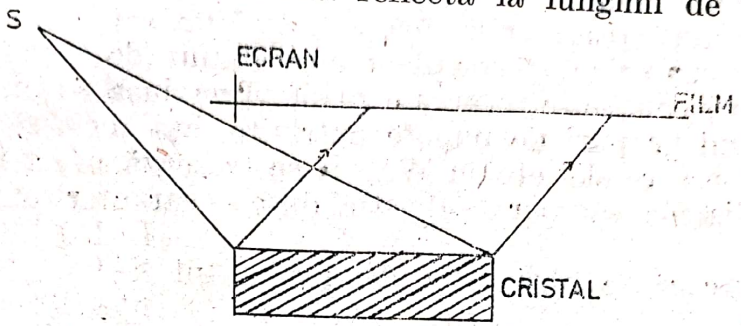


Fig. 3

pentru că unghiul de incidență depinde de punctul iradiat, iar intensitatea reflectată variază destul de puțin și în mod continuu. Dimpotrivă, dacă cristalul prezintă imperfecțiuni posibilitatea de reflectare variază și petele prezintă tente neuniforme (apar în negru imaginile părților perturbate ale cristalului). Fiecărui punct al cristalului îi corespunde pe film o pată de suprafață egală cu produsul distanței cristal-sursă prin unghiul solid sub care cristalul vede sursa. Deci finețea imaginii crește cu cît sursa este mai depărtată. Este, de asemenea, avantajos să se folosească plăci fotografice cu granulație foarte fină [3].

Metoda permite obținerea imaginii cristalului punct cu punct și este aplicabilă cu succes pentru materiale care nu au o concentrație mare de defecte.

Adăugînd metodelor de mai sus și metoda Debye-Scherrer [1] care permite găsirea parametrilor rețelei cristaline se pot obține informații complete asupra cristalelor investigate. Metoda este convenabilă pentru că nu necesită monocristale. Fasciculele vor fi difractate de acele cristalite, ale căror plane sînt întîmplător orientate sub un unghi de incidență θ cu fasciculul, satisfăcînd ecuația Bragg. Se folosește în acest caz radiație monocromatică și anume radiația caracteristică anodului tubului de raze X, filtrată. Figura de difracție evidențiind totodată lărgimea și intensitatea acestora (fig. 4).

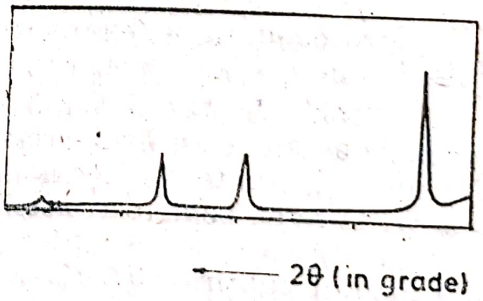


Fig. 4

Metodele descrise mai sus au fost folosite și în studiul straturilor de Al și Si, depuse pe suport de Si și SiO_2, prin metoda chimică de depunere din stare de vapori (C.V.D.) Acestea au permis : evidențierea structurii microcristaline a filmelor subțiri, găsirea orientării acestora, precum și evidențierea principalelor caracteristici superficiale.

Astfel, imaginile Laue ale plachetelor monocristaline de Si au fost prelucrate cu ajutorul proiecției stereografice și au permis indexarea

planelor cristaline. Pornind de la petele diagramei Laue, se construiesc punctele transformate cu ajutorul riglei stereografice. Imaginea punctelor transformate se confruntă cu o reţea de referinţă, construită în prealabil. Pentru alcătuirea acesteia se procedează astfel : se aşază planul (111) al Si în centrul sferei de proiecţie (plan pe care se obţin cele mai intense reflexii, aşa cum indică debyegramele de difracţie) şi se proiectează celelalte plane din reţeaua cristalină a Si faţă de acesta (fig. 5). În fig. 5 se arată proiecţiile principalelor plane ale cubului (de indici Miller simpli) precum şi axele conţinute în aceste plane. Imaginea se îmbogăţeşte mai departe aducînd grupuri de puncte potrivite, aşa încît să se situeze pe acelaşi meridian a reţelei etalon Wulf şi se trasează acest meridian. Fiecare din meridianele (sau paralele) astfel duse se caracterizează prin, indicii de zonă" uvw care se obţin din determinantul $\begin{vmatrix} l & l & l \\ h & k & l \\ h' & k' & l' \end{vmatrix}$, unde (hkl) şi (h' k' l') reprezintă indicii Miller a două plane care aparţin zonei respective (deci prin intersecţia punctelor prin care au fost duse). Alte puncte se obţin tocmai prin intersecţia zonelor de indici cunoscuţi între ele.

Tabela următoare prezintă punctele indexate, comparativ cu datele indicate în literatură :

Puncte indexate	Puncte indicate în literatură
111	111
202	220
311	311
400	400
331	331
422	422
—	511, 533
—	440
—	531
602	620
—	533
444	444

Procedeul de indexare este limitat chiar de condiţiile experimentale, totuşi conduce la o concordanţă destul de bună cu datele din literatură.

Plachetele de Al analizate au o structură policristalină şi debyegramele acestora au evidenţiat două reflexii importante, care au permis calculul constantei de reţea medii : $a = 4{,}01745$ Å. Comparată cu constanta de reţea pentru Al masiv, indicată în literatură — $a = 4.0496$ Å — se constată că este uşor diferită, diferenţă explicată prin textura diferită a stratului subţire faţă de materialul masiv.

Folosind topografiile de raze X, într-un montaj prin reflexie [3], s-au evidenţiat defectele stratului, modul particular în care se asociază, precum şi elementelor de simetrie, orientarea principalelor plane cristaline. Toate acestea se pot folosi pentru aplicarea mecanismului de creştere a stratului. Astfel pentru flmele de Si, topografiile de raze X au evidenţiat faptul că asociatele de defecte prezintă o simetrie corespunzătoare

Scanned with OKEN Scanner

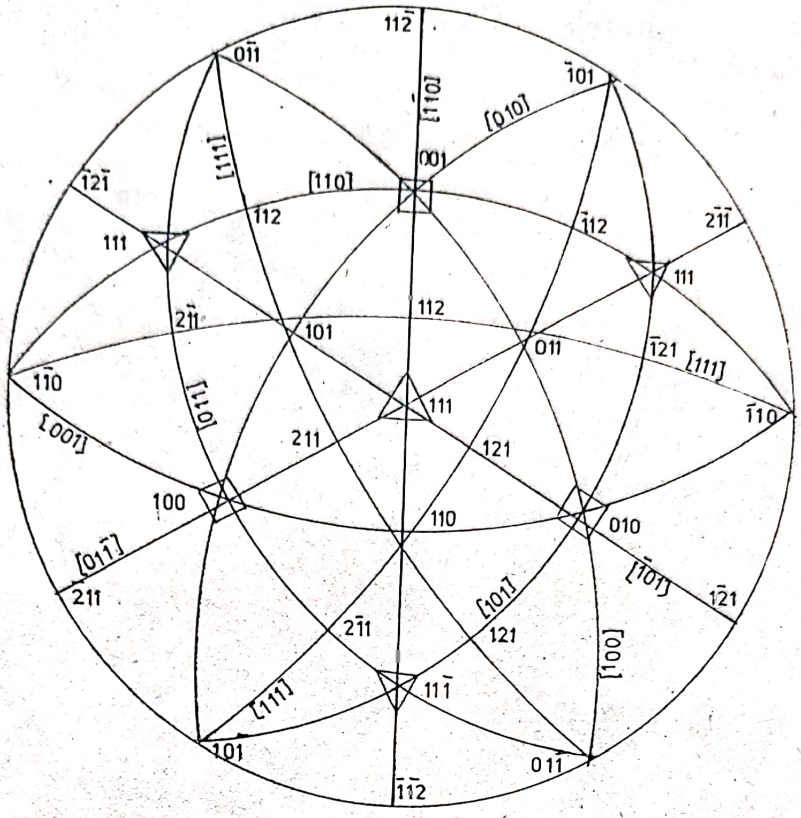


Fig. 5

unei axe C_3. De asemenea, pe topografiile filmelor de Si s-a evidenţiat aranjamentul liniar al defectelor care se grupează şi tranversează filmul (fig. 6). Defectele respective au formă tetraedrică şi sînt defecte de împachetare în planul (111). Mecanismul creşterii lor nu este bine elucidat. Se consideră că apar fie ca urmare a ocupării unor poziţii necorespunzătoare, de către atomi, în timpul creşterii, fie datorită nepotrivirii dintre reţeaua stratului şi substratului [6]. Defectele de împachetare şi dislocaţiile liniare sînt cele mai des întîlnite defecte care apar în filmele subţiri. Principalele proprietăţi ale stratului sînt determinate de densitatea acestor defecte, ceea ce justifică importanţa studierii lor.

Deci, metodele röntgenografice permit studiul separat al stratului şi substratului şi prin corelarea acestora evidenţiază legătura strat-substrat, influenţa proprietăţilor suportului asupra structurii stratului. Legătura strat-substrat cuprinde următoarele aspecte importante :

a) Natura suportului.

Studiul röntgenografic a evidenţiat lărgirea maximelor de difracţie, ceea ce s-a explicat prin : prezenţa microcristalitelor, precum şi a unor microtensiuni la nivelul acestora [1], [9]. Prezenţa tensiunilor am explicat-o prin solicitările apărute ca urmare a contracţiei diferite a stratului şi substratului, în decursul răcirii de la temperatura de depunere la temperatura ambiantă şi prin posibilitatea interacţiei causichimice strat-substrat la interfaţa de contact $Al—SiO_2$.

Continuînd studiul efectelor de tensionare în filmele subţiri prin microscopie optică, s-au observat fisurile care apar, ca urmare a efectelor

de tensionare și rezultatele obținute au confirmat justețea presupunerii potrivit căreia aceste tensiuni s-ar datora tocmai diferenței coeficienților de dilatare termică ai stratului și substratului [7] Profilul suprafeței unui astfel de film fisurat este arătat în fig. 7.

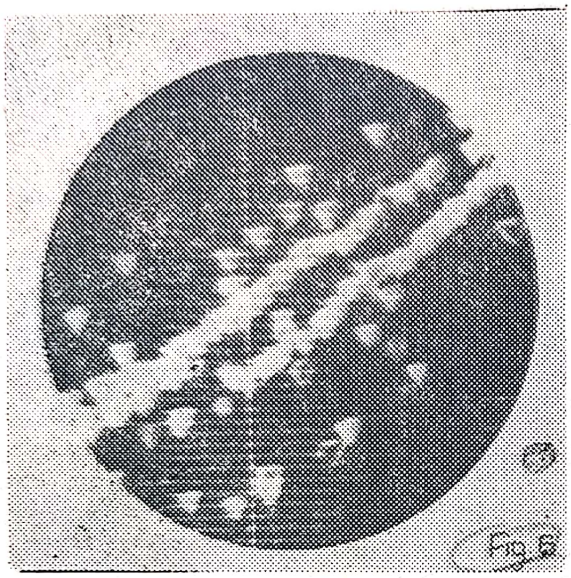


Fig. 6

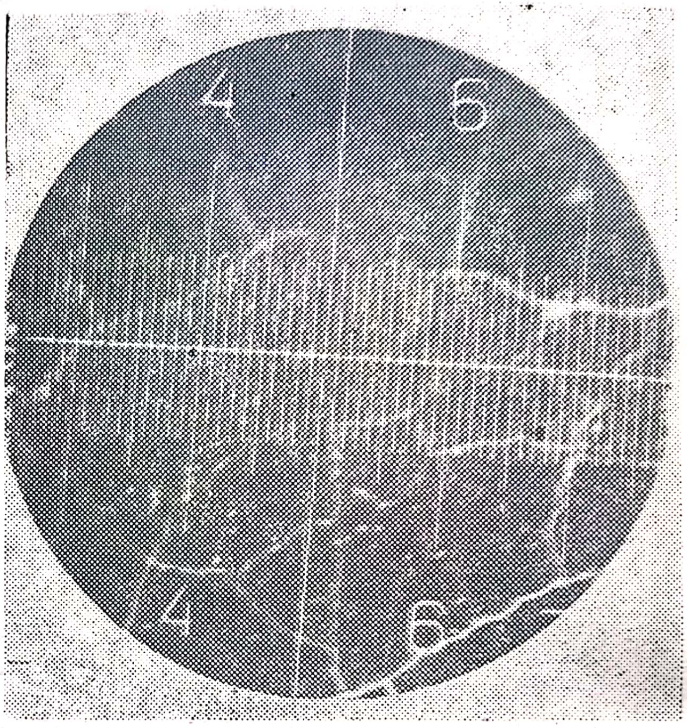


Fig. 7

b) Temperatura suportului.

Influența suportului asupra stratului se manifestă mai ales prin acest parametru. Topografiile de raze X au permis evidențierea influenței temperaturii suportului în procesul de depunere.

Fenomenologic — o dată cu creșterea temperaturii suportului crește mobilitatea atomilor adsorbiți pe acesta, acești atomi ocupă mai repede pozițiile nodale de energie minimă în viitoarea rețea și totodată asigură energia necesară formării rețelei cristaline și creșterii stratului. O dată cu creșterea temperaturii se micșorează și concentrația de defecte. Acest lucru s-a evidențiat pe topografiile de raze X ale filmelor subțiri depuse la 300°C (prin evaporare în vid) și la 475°C (prin CVD). Filmele depuse chimic la 475°C sînt mai uniforme, concentrația lor de defecte este mai mică.

Dacă temperatura de depunere crește prea mult, se poate produce disocierea parțială a stratului, conducînd la apariția unor impurități nestoechiometrice și din nou concentrația defectelor crește. Un astfel de studiu este, deci, important, pentru alegerea temperaturii de depunere.

Comportarea filmelor subțiri la creșterea temperaturii de depunere justifică și modul de variație a constantei de rețea cu temperatura : cu creșterea temperaturii se realizează condițiile necesare împachetării compacte a atomilor, deci constanta de rețea scade (fig. 8).

Aceste studii ale stratului și substratului și apoi corelarea lor permit să se tragă unele concluzii importante privind alegerea combinației potrivite strat-substrat. Aceasta este deci, dictată de următorii factori :

1) Compatibilitatea structurilor cristaline strat-substrat : simetrie, orientare, parametri de rețea,

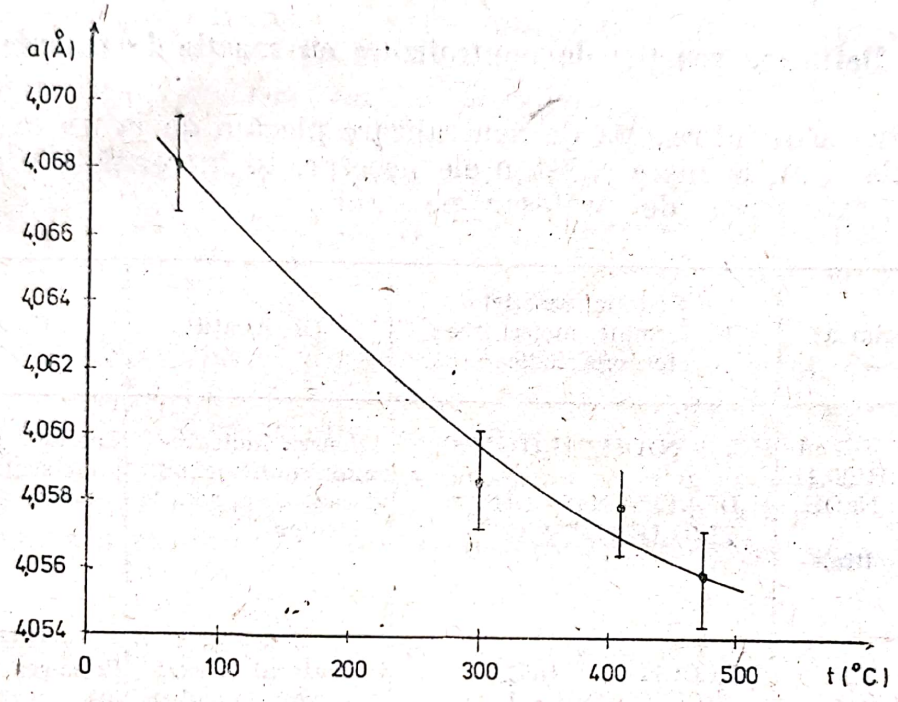


Fig. 8

2) Calități superficiale ale stratului : topografie corespunzătoare stratului, lipsa impurităților.

3) Corespondența coeficienților de expansiune termică.

4) Temperatura suportului suficient de ridicată și inerția lui chimică la temperatura de depunere.

În ultimă instanță aceste studii, corelate cu factorii de depunere, conduc la optimizarea parametrilor de depunere.

BIBLIOGRAFIE

1. *D. Bally, L. Beneș, R. Mănăilă*, Difracția razelor X și a neutronilor, Editura tehnică, București, 1972.
2. *I. Spinulescu*, Fizica straturilor subțiri și aplicațiile acestora, Ed. științifică, București, 1975.
3. *A. Guinier*, Theorie et technique de la radiocristollographie, Dunod, Paris, 1956.
4. *Ch. Barrett*, Structure of metals, MC. Graw-Hill, London, 1952.
5. *I. Bunget, A. Răican*, Metode experimentale în fizica solidului, București, 1974.
6. Handbook of thin film technology (sub red L. I. Massel, R. Glang), MC-Graw-Hill, New York, 1970.
7. *D. Fătu, M. Muscalu*, Material Chemistry, No5, 1980, p. 12—28, Italia, Genova.
8. *A. Guinier, Tennevin*, Acta Cryst, 2, 1949, p. 133.
9. *G. F. Kosopalov*, „Röntgenografia", Gosudarstvenoe Izd, Vissaia școla, Moscova, 1962.

Scanned with OKEN Scanner

ASPECTE METODICE PRIVIND PREDAREA REACȚIEI DE NEUTRALIZARE ȘI HIDROLIZĂ
(la clasele a XI-a)

Prof. *GABRIELA BUTUNOIU*, Prof. dr. *BARBU LEIBOVICI*, Galați

I.1. Definirea reacției de neutralizare ca reacție de transfer de H^+

Pentru a defini reacția de neutralizare plecăm de la un experiment simplu. Elevii au la mese substanțele necesare și lucrează conform fișei proiectate sau scrise de profesor pe tablă.

Nr. crt.	Experiment	Ecuația reacției în formule moleculare : formule ionice	Observații	Concluzii
1	Reacția HCl cu 2 ml sol.HCl0,1*n* 2 ml sol. NaOH, 0,1 *n* 1 pic.fenolftaleină	$HCl + NaOH \rightleftarrows H_2O + NaCl$ $H_3O^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- \rightleftarrows$ $\rightleftarrows 2H_2O^+ Na^+ + Cl^-$	Culoarea indicatorului fenolftaleinei virează de la roșu la incolor	Culoarea indicatorului arată mediul netru
2	Reacția între CH_3COOH și NH_3 cantități echivalente sol 0,1*n* 1 pic. metiloranj	$CH_3COOH + NH_4OH \rightleftarrows$ $\rightleftarrows CH_3COONH_4 + H_2O$ $CH_3COO^- + H_3O^+ + NH_4^+ +$ $+ OH^- \rightleftarrows CH_3COO^- + NH_4^+$ $+ 2H_2O$	indicatorul virează de la roșu la galben	Culoarea indicatorului arată mediul neutru Reacția de neutralizare e o reacție cu transfer de H^+ prin care rezultă subst. neutre : sare și apă. Generalizăm : $\frac{H_3O^+ + OH^-}{2H_2O} \rightleftarrows$
3	Reacția între sol.CH_3COOH și NaOH cantități echiv. concentrație 0,1*n* 1 pic.fenoltaleină	$CH_3COOH + NaOH \rightleftarrows$ $\rightleftarrows CH_3COONa + H_2O$ $CH_3COO^- + H_3O^+ + Na^+ +$ $+ OH^- \rightleftarrows CH_3COO^- + Na^+ +$ $+ 2H_2O$	Indicatorul păstrează culoarea slab roșu	Mediul nu a devenit neutru

Elevii vor fi ajutați prin întrebări să definească corect reacția de neutralizare :

I. Ce caracter chimic prezintă substanțele rezultate și care sînt acestea ?

R. Substanțele rezultate sînt neutre și sînt săruri și apă.

I. Urmărind membrul stîng și drept al ecuațiilor reacțiilor scrise stabiliți esența reacției de neutralizare.

Scanned with OKEN Scanner

R. Reacţie de neutralizare în sol. apoasă are loc prin transfer de H^+ de la molecula acidului unde protonul se află legat covalent polar la o grupă OH^- unde se alipeşte la o pereche de electroni neparticipanţi.

I. Definiţi reacţia de neutralizare conform teoriei protolitice BRONSTED.

R. Reacţie de neutralizare este o reacţie cu transfer de protoni care determină formarea unor substanţe neutre sare şi apă.

I. Generalizaţi ecuaţia reacţiei de neutralizare.

$$\underset{a_1}{H_3O^+} + \underset{b_2}{OH^-} \rightleftarrows \underset{a_2}{H_2O} + \underset{b_1}{H_2O}$$

— în soluţie apoasă

— indiferent de natura acidului sau bazei care participă la reacţie.

Întrucît cationii bazei şi radicalii acizi sînt liberi în sol. apoasă atît la începutul cît şi la sfîrşitul reacţiei se poate considera că singurele specii chimice participante la reaeţia de neutralizare sînt protonul şi ionul oxidril.

Elevii vor completa la rubrica concluzii ecuaţia generală a reacţiei de neutralizare şi vor observa că produşii reacţiei sînt acidul şi respectiv baza conjugată a reactanţilor ceea ce determină reversibilitatea reacţiei.

2. Căldura reacţiei de neutralizare a acizilor şi bazelor tari.

I. Care este expresia entalpiei de reacţie?

R. $\Delta H = \Sigma npHp + \Sigma n \cdot rHr$

I. Ce concluzie trageţi despre entalpia reacţiei de neutralizare observînd speciile chimice intrate şi ieşite din reacţie?

I. Ce concluzie trageţi despre entalpia reacţiei de neutralizare observînd speciile chimice intrate şi ieşite din reacţie?

R. Entalpia reacţiei de neutralizare ΔH este aceeaşi ori de cîte ori reacţionează cantităţi echivalente de donor puternic de protoni şi acceptor puternic de protoni (acizi şi baze tari).

$$\Delta H = -13{,}7 \text{ Kcal/echivalent de acid sau bază}$$

3. Verificarea pH-ului în soluţiile rezultate:

Nr. crt.	Experiment	Observaţii	Concluzii
4	Verificarea *p*H-ului cu ajutorul unor bucăţele de indicator universal tamponate cu soluţie din eprubetele în care s-au efectuat experienţele 1,2 şi 3.	— $pH = 7[(H_3O^+)] = [OH^-]$ $pH = 7$ $pH = 7$	mediu netru neutralizare totală mediu slab bazic neutralizarea nu e totală

Scanned with OKEN Scanner

Concluzie

Se verifică experimental că în cazul cînd reacţionează cantităţi echivalente de donori puternic de protoni şi acceptori puternic de protoni, mediul devine neutru.

$$(H_3O^+) = (OH^-) = 10^{-7}$$

$$pH = 7$$

Experienţa 3 arată că pentru reacţiile între cantităţi echivalente de acid şi bază slabe sau numai unul slab şi altul tare, folosirea termenului de neutralizare este întrucîtva greşită *p*H-ul fiind diferit de 7.

Explicaţie

I. Căutaţi perechile acid bază conjugată şi stabiliţi tăria lor relativă

$$\underset{\substack{\text{acid 1}\\\text{slab}}}{CH_3COO^-} + H_2O^+ + Na^+ + \underset{\substack{\text{bază 2}\\\text{tare}}}{OH^-} \rightleftarrows \underset{\substack{\text{bază 1}\\\text{conjugat}\\\text{tare}}}{CH_3COO^-} + Na^+ + \underset{\substack{\text{acid 2}\\\text{cojngat}\\\text{slab}}}{H_2O} + H_2O$$

Elevii vor observa că ionul acetat este baza conjugată a unui acid slab, deci o bază tare care va smulge un proton moleculei de apă care are caracter acid slab (fiind acidul conjugat bazei tari oxidril) şi echilibrul reacţiei va fi deplasat spre dreapta creîndu-se în mediu un exces de ioni OH^- şi *p*H-ul va fi slab bazic diferit de 7.

Această observaţie este utilă în înţelegerea ulterioară a reacţiei de hidroliză.

4. Neutralizarea acizilor polibazici

Ştim că acizii polibazici se ionizează în trepte.

A. Cum se va realiza reacţia de neutralizare a acizilor polibazici.

Folosind diagrama acid-bază stabiliţi probabilitatea desfăşurării în trepte a reacţiilor de neutralizare a acidului fosforic.

Completaţi tabelul

Reacţia	K_a	Concluzii	Formulele sărurilor de:		
			Na^+	Ca^{2+}	Al^{3+}
$H_3PO_4 + OH^- \rightleftarrows H_2O + H_2PO_4^-$ $H_3PO_4 + 2OH^- \rightleftarrows 2H_2O + HPO_4^{2-}$ $H_3PO_4 + 3OH^- \rightleftarrows 3H_2O + PO_4^{3-}$	7.10^{-3} K scade 6.10^{-2} 2.10^{-13}	Cu cît scade *Ka* tăria bazică a anionului creşte şi reacţia inversă este mai pronunţată	NaH_2PO_4	$Ca(H_2PO_4)_2$	$Al(H_2PO_4)_3$

Scanned with OKEN Scanner

Observații

Numărul echivalenților de ioni OH^- adăugați în sol. molară a unui acid polibazic determină produșii formați.

Cantitatea echivalentă de acid fosforic este diferită în cele trei cazuri în funcție de numărul de protoni cedați, și de natura produșilor formați.

Elevii vor primi ca temă să calculeze echivalentul chimic al acidului fosforic în cele trei cazuri și să scrie exemple de fosfați primari, secundari și neutri, de Na^+, Ca^{2+}, Al^{3+}.

B. Cred că este bine ca la clasele cu elevi dotați, la cele cu profil de chimie sau la orele de cerc să se dea o interpretare mai generală a reacției acid-bază în lumina teoriei lui Lewis (1923). Elevii vor fi astfel înarmați cu un instrument mai amplu și mai general de interpretare.

5. Limitele teoriei lui Brönsted

Teoria limitează noțiunea de acid la donorul de protoni, excluzînd unele substanțe care manifestă caracter tipic acid în solvenți nepolari.

$$AlCl_3 \quad SnCl_4 \quad SO_3$$

După Lewis orice moleculă sau ioni capabili să funcționeze ca acceptor de electroni este acid (analog cu protonul).

Definiția Lewis pentru acizi și baze va fi dedusă de elevi prin raționament logic dirijat euristic, de către profesor.

I. De ce protonul acidului este cedat?

R. Atomul de hidrogen este legat covalent polar în molecula acidului. El este dezgolit de electroni și deci pentru a-i forma configurația de dublet se alipește (acceptă) electronilor neparticipanți ai bazei, deci protonul acceptă o pereche de electroni deci prin extindere: *acidul este substanța care acceptă o pereche de electroni* (*acceptori*).

I. Prin ce se caracterizează moleculele sau ionii cu caracter bazic, care acceptă protoni?

R. Au o pereche de electroni neparticipanți.

Deci baza este substanța care pune în comun o pereche de electroni (*donor*).

Concluzie

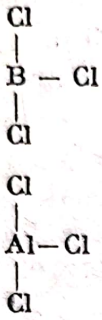
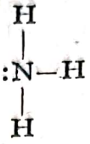
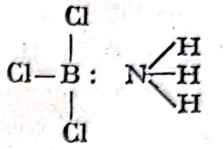
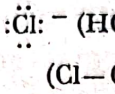
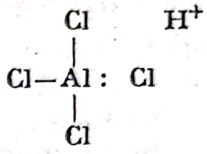
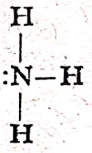
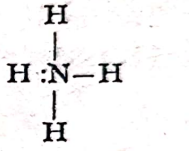
Reacția de neutralizare Lewis este reacția de transfer a unei perechi de electroni și formarea unei legături donor-acceptor = legătură covalent coordinativă.

Importanța teoriei

Permite să se facă o analogie între fenomenul de transfer acid-bază și cel de oxido-reducere.

Fenomenele redox pot fi considerate cazuri particulare ale reacțiilor acid-bază.

Scanned with OKEN Scanner

Acizi L acceptor	Baze L donor	Reacţia acid-bază reduct
Substanţe cu atomi cu octetul incomplet		
		
		
Ioni poziivi		
		
H^+ Ag^+	$:NR_3$ $:NH_3$	$:HN^+R_3$ $Ag:NH_3^+$

Prin analogie :

acizi acceptori de e^- (electrofili)
oxidanţi

baze donori de protoni (nucleofili)
reducători

Exemple :

acid : $Cu^{2+}(H_2O)_4 + 2H_2O \rightarrow Cu(H_2O)_2(OH)_2 + 2H_2O$

oxidant $Cu^{2+} + Zn \rightarrow Cu + Zn^{2+}$

baze $S^{2-} + H_2O \rightarrow HO^- + HS^-$

reducător $S^{2-} + I_2 \rightarrow S + 2I^-$

a1 b2 a2 b1

subst. amfotere $H_2O + NR_3 \rightarrow NH_4^{+2} + OH^-$

b1 a2 a1 b2

$H_2O + HCl \rightarrow H_3O \leftarrow Cl^-$

cu dublu caracter $H_2O + Na \rightarrow Na^+ OH^- + 1/2\ H_2$

H_2O nd. $+ Cl_2 \rightarrow HCl \leftarrow HClO$

Scanned with OKEN Scanner

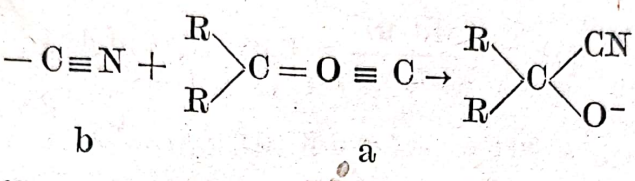
Teoria prezintă importanţă în chimia organică.

Pe baza ei se poate explica acţiunea catalitică a $AlCl_3$, $FeCl_3$, etc. şi apariţia reactantului electrofil care va participa în reacţia de substituţie electrofilă la nucleul aromatic.

Dă posibilitatea explicării reacţiei de adiţie la legăturile multiple.

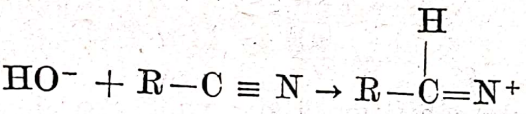
$$>C=O \quad -C\equiv N, \quad -N=O$$

Ex. formarea cianhidrinelor.



b a

Hidroliza nitriţilor



II Cea de a doua lecţie afectată reacţiei de neutralizare a avut drept scop efectuarea practică a unei reacţii de neutralizare între o bază şi un acid tare de concentraţii echivalente folosind metoda de titrare.

Am urmărit :

— însuşirea corectă a tehnicii de titrare
— efectuarea calculului pentru stabilirea *p*H-ului
— trasarea curbei de titrare
— recunoaşterea unei curbe de neutralizare şi folosirea ei în activitatea practică ca instrument de lucru.

Se prezintă elevilor instalaţia necesară realizării titrării şi se demonstrează de către profesor atrăgîndu-se atenţia asupra citirii corecte a volumului de reactivi folosiţi şi sesizării punctului de viraj al indicatorului.

Elevii îşi instalează aparatura, aduc corect la semn şi lucrează pe grupe de cîte 2.

Datele se completează în următorul tabel a cărui cap este proiectat la retroproiector sau scris pe tablă.

Nr. crt.	*V* de titrant în cm^3 NaOH 0,1 *m*	*V* total de soluţie în cm^3	H_3O^+ mol./l	*p*H-ul soluţiei
1	0	50,00	1.10^{-1}	1,00
2	10,00	60,00	$6{,}6.10^{-2}$	1,18
3	20,00	70,00	$4{,}3.10^{-2}$	1,37
4	30,00	80,00	$2{,}5.10^{-2}$	1,60
5	40,00	90,00	$1{,}1.10^{-2}$	1,45
6	49,00	99,00	1.10^{-3}	3,00
7	49,9	99,90	1.10^{-4}	4,00
8	50,00	100,00	1.10^{-7}	7,00
9	50,10	100,00	1.10^{-10}	10,00
10	51,00	101,00	1.10^{-11}	11,00
11	60,00	110,00	$1{,}1.10^{-12}$	11,96

Scanned with OKEN Scanner

Coloanele 4 și 5 din tabel sînt libere. Vor fi completate ulterior de către elevi.

Un elev va fi scos la tablă și va efectua calculele la punctele 1, 2, 6, 8 și 10. Celelalte calcule se vor efectua de către elevi ca temă pentru acasă.

1. $[H_3O^+] = 1 \cdot 10^{-1}$ acidul este tare total disociat și deci considerăm (HCl) = $0{,}1n$ = (H_3O^+)

$$pH = -1\ g(H_3O^+) = 1$$

2. S-au neutralizat 10 cm^3 HCl deci V total = 60 ml·sol.

$$[H^+] = \frac{40 \cdot 91}{60} = 6{,}67 \cdot 10^{-2}\ mol/l.$$

$$pH = -1\ g\ 6{,}67 \cdot 10^{-2} = 1{,}18$$

8. La punctul de echivalență $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ mol/l.

$$pH = 7$$

După punctul de echivalență pH va fi dat de excesul de hidroxid de sodiu.

$$V\ total = V_{HCl} + V_{NaOH} = 50 + 60 = 110\ ml.$$

$$[OH^-] = \frac{10 \cdot 0{,}11}{110} = 9{,}1\ 10^{-3}\ mol/l.$$

$$pOH = 2{,}04$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - 2{,}04 = 11{,}96$$

II.1 Trasarea curbei de neutralizare

Se va proiecta sistemul de axe pH—V_{cm^3} și se va cere elevilor să traseze curba conform datelor din tabel.

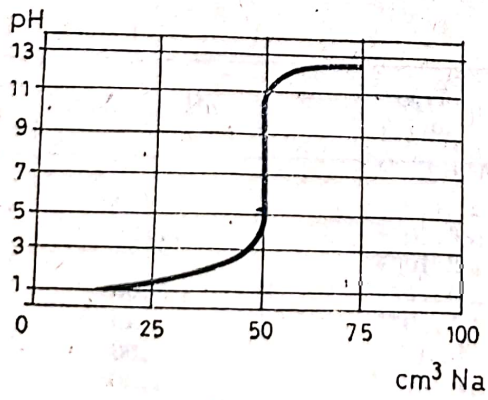


Fig. 1 — Curba obținută se numește curbă de titrare a unui acid tare HCl cu o bază tare NaOH.

Observație asupra formei curbei de titrare deduse cu ajutorul elevilor.

Curba de titrare variază ..... la începutul și la sfîrșitul titrării.

La punctul de echivalență curba prezintă un ..... brusc.

Scanned with OKEN Scanner

Saltul de *p*H de la punctul de echivalenţă este cu atît mai mare cu cît acidul este mai concentrat/mai puţin concentrat, şi de asemeni este mai tare/mai slab.

Explicaţii

Cu cît acidul este mai tare sau mai concentrat în sol. există o concentraţie mai mare de ioni H_3O^+ ce trebuie neutralizaţi.

Punctul de echivalenţă indică ..... şi este pus în evidenţă cu .....

Orice indicator prezintă un domeniu de ..... egal cu ..... unităţi de *p*H.

Indicatorul se alege astfel încît punctul de echivalenţă să fie cît mai apropiat de începutul/mijlocul/sfîrşitul domeniului de *p*H.

Se proiectează figura următoare pentru însuşirea corectă a modului de alegere a indicatorului.

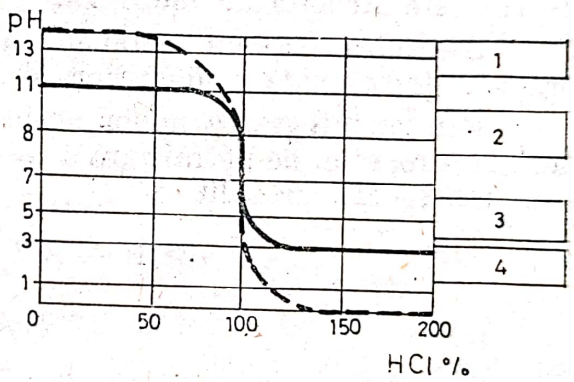


Fig. 2— 1—1, 3, 5 Trinitrobenzen 2—Fenolftaleină 3 — Roşu de metil 4 — Albastru de timol

Care din indicatorii specificaţi pot fi utilizaţi la titrarea ambelor probe. (KOH 10^{-3} *m* şi NaOH 1 *m*) cu HCl de concentraţie adecvată.

a) 1 şi 2
b) 2 şi 3
c) 3 şi 4
d) toţi
e) niciunul

La titrarea a 5 cm^3 dintr-o probă necunoscută cu KOH, 0,01 *m* s-au obţinut următoarea curbă de titrare.

Se proiectează figura următoare. Să se aleagă răspunsul corect.

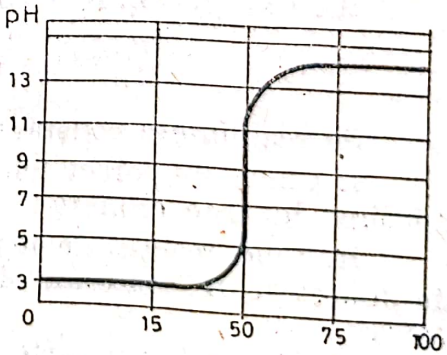


Fig. 3 — 1. proba necunoscută este o bază slabă de concentraţie 0,1 normal 2. proba necunoscută este un acid slab de concentraţie 0,1 normal 3. proba necunoscută este o bază tare de concentraţie 1,1 *m*. 4. proba necunoscută este un acid tare de concentraţie 0,1 *m*. 5. proba necunoscută este o bază tare de concentraţie 0,01 *m*. 6. proba necunoscută este un acid tare de concentraţie 0,01 *m*.

Întrebări ajutătoare.

I. De la ce valori ale *p*H-ului începe titrarea.

R. Titrarea începe de la valori mici deci mediul este acid.

Scanned with OKEN Scanner

Răspunsurile 1, 3, 5 sînt greşite.

Pentru aflarea concentraţiei probei necunoscute elevii vor folosi relaţia :

$$\frac{m}{n_2} \equiv \frac{V_2}{V_1} \; ; \; \frac{O_1}{X} = \frac{50}{5} \; ; \; X = \frac{0{,}1 \cdot 5}{50} = 0{,}01 \; m.$$

Elevii vor primi ca temă pentru acasă completarea tabelului nr. 3 şi să răspundă la următoarele întrebări :

— Cum deosebim curba de titrare a unui acid tare cu o bază tare ?

— A unui acid tare cu o bază tare ?

Lucrînd în acest mod elevii au devenit mai activi, mai interesaţi, au dovedit spirit de observaţie şi au creat deprinderi de calcul şi de lucru.

III. O altă lecţie importantă în cadrul capitolului Reacţie cu transfer de H^+ este **Reacţia de hidroliză.**

Hidroliza este un fenomen chimic important cu vaste aplicaţii în practica industrială şi de laborator.

Pentru integrarea noilor noţiuni într-un tot unitar s-a pornit de la definirea reacţiei de netralizare acid-bază, ca reacţie cu transfer de protoni conform teoriei protolitice.

$$BOH + AH \rightleftarrows BA + H_2O$$

$$B^+ + A^- \rightleftarrows BA$$

S-a tras concluzia că în urma reacţiei de neutralizare rezultă o sare şi apă : substanţe neutre.

Observaţie :

În orce sare cationul provine de la .....
anionul provine de la .....

Plecînd de la această observaţie s-a cerut să se clasifice următoarele săruri în 4 categorii.

$NaCl$, $(NH_4)_2SO_4$, KCl, CH_3COONH_4 NH_4Cl, $NaNO_3$, KCl, NO_2HPO_4

$Al_2(SO_4)_3$, $(NH_4)_2SO_4$, $CuCl_2$, $Pb(NO_3)_2$

Se reamintesc constatările făcute în cadrul lecţiei de neutralizare.

I. Cînd este corect folosit termenul de neutralizare şi în ce situaţie folosirea lui este eronată ?

R. Cînd reacţia de neutralizare are loc între cantităţi echivalente de donori de H^+ puternic şi acceptori de protoni puternic mediul devine neutru.

Cînd unul dintre partenerii reacţiei (acidul sau baza) este slab mediul nu devine neutru ci slab acid sau slab bazic.

Se argumentează teoretic şi practic acest lucru.

Scanned with OKEN Scanner

Se cere elevilor să execute experienţele după fişa proiectată sau schiţată pe tablă.

Nr. crt.	Experiment Verificarea *p*H în sol. de :	Observaţii	Ecuaţia reacţiei	Concluzii
1	NaCl metiloranj	acid tare bază tare	$Na^+ + Cl^- + H_2O \rightleftarrows Na^+ + OH^- + H^+ + Cl^-$	NaOH şi HCl sînt total ionizaţi. Cantităţi echiv. de H^+ şi OH^-, *p*H = 7
2	NH_4Cl metiloranj	acid tare bază slabă	$NH_4^+ + Cl^- + H_2O \rightleftarrows NH_4OH + H^+ + Cl^-$ $B^+ + H_2O \rightleftarrows BOH + H^+$	Exces de H^+, $NH_4^+ + H_2O$ $NH_4OH + H^+$ *p*H acid
3	$CH_3COO^-Na^+$ metiloranj	acid slab bază tare	$CH_3COO^-Na^+ + H_2O \rightleftarrows CH_3-COOH + Na^+ + OH^-$ $A^- + H_2O \rightleftarrows HA + OH^-$	CH_3COOH puţin disociat exces de OH^- *p*H bazic
4	$CH_3COO-NH_4^+$ metiloranj	acid slab bază slabă	$CH_3COO^- + NH_4^+ \rightleftarrows H_2O$ $NH_4OH + CH_3COOH$ ↙ ↘ NH_3H_2O $B^+ + A^- + H_2O \rightleftarrows HA + BOH$	*K*a = *K*b şi mici acidul şi baza sînt puţin ionizate. sol. *neutră* *K*a > *K* sol. *slab* acidă *K*a < *K*b sol. *slab bazică*

Să explicăm aceste constatări experimentale în lumina teoriei protolitice.

Reamintim noţiunile :

I. Ce sînt perechile acid bază conjugate?

În ce raport se află tăria acidului şi a bazei conjugate?

Exemplificaţi pe cazurile de mai jos :

acid		bază conjugată	
CH_3COOH	slab	CH_3COO^-	tare
Na^+	slab	NaOH	tare

Se discută reacţia 3.

Observaţie

Ionii de sodiu Na^+ sînt liberi în soluţie atît la începutul cît şi la sfîrşitul reacţiei.

Ionul acetat CH_3COO^- bază conjugată tare smulge de la apă un proton formînd CH_3COOH acid slab, *K*a $1{,}8.10^{-5}$ practic neoiniozat în soluţia respectivă.

Concluzie

În soluție rămîne un exces de ioni OH^- care imprimă soluției caracter bazic. Echilibrul chimic este deplasat spre dreapta.

Putem scrie :

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$$

sau

$$A^- + H_2O \rightleftarrows HA + OH \rightleftarrows \text{mediu bazic}$$

scrieți sub formă simplificată reacția de la punctul 2, 4 și generalizați

$$NH_4^+ + HOH \rightleftarrows NH_4OH + H^+ \quad \text{m. acid}$$

$$B^+ + H_2O \rightleftarrows BOH + H^+$$

$$CH_3COO^- \; NH_4^+ + HOH \rightleftarrows CH_3COOH + NH_4OH$$

$$B^+ A^- + H_2O \rightleftarrows BOH + HA \quad \text{n. neutru}$$

Ka Ka slab acid $Ka > Kb$

slab bazic $Ka < Kb$

Interpretarea matematică a fenomenului de hidroliză, va fi făcută exclusiv de către elevi, care au aparatul de lucru însușit în lecțiile anterioare.

Observație

Reacția de hidroliză este reacție reversibilă. Se ajunge la echilibrul chimic căruia i se aplică legea acțiunii maselor.

$$A^- + H_2O \rightleftarrows AH + OH^-$$

$$Ka = \frac{[AH]\,[OH^-]}{[A^-]\,[H_2O]}$$

deoarece $[H_2O] = ct.$

$$K_h = Ke\,[H_2O] = \frac{[AH]\,[OH^-]}{[A^-]} = \frac{[AH]\,K_w}{[H^+][A^-]} = \frac{K_w}{K_a}$$

se sugerează

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$$

Ce relație există între K_h a sării și K_a a acidului slab.

Observație

Cu cît acidul de la care provine sarea este mai slab cu atît K_h este mai mare. Deci sarea este mai puternic hidrolizată, echilibrul chimic fiind deplasat spre dreapta.

Scanned with OKEN Scanner

Temă

Calculaţi K_h pentru sărurile CH_3COONa şi $NaHS$, NaH_2PO_4 şi ordonaţi-le în ordinea descrescătoare.

Concluzionaţi :

$$K_{h\,CH_3COOH} = \underset{(3)}{\frac{10^{-14}}{1{,}8\cdot 10^{-5}}} < K_{nNaH_2PO_4} = \underset{(2)}{\frac{K_w}{6{,}2\cdot 10^{-8}}} < K_{h\,NaHS} = \underset{(1)}{\frac{10^{-14}}{1{,}3\cdot 10^{-13}}}$$

Concluzia

$$Ka_{CH_3COOH} > Ka_{H_2PO_4} > Ka_{HS^-}$$

$$K_{hCH_3COONa} < K_{hNa_2HPO_4} < K_{hNaHS}$$

În mod analog se vor deduce expresiile matematice pentru cazurile tratate la punctele 2 şi 4.

$B^+ + H_2O \rightleftarrows BOH + H^+$ exces de H^+ mediu acid

$$K_h = \frac{K_w}{K_b}$$

Calculaţi K_h pentru NH_4Cl $ZnSO_4$

$$K_{h\,NHCl_4}\ \frac{10^{-14}}{K_bN_{H_3}} = \frac{10^{-14}}{1{,}8\cdot 10^{-5}}\ K_{hZnSO_4} = \frac{10^{-14}}{1{,}2\cdot 10^{-12}}$$

Concluzie

$$K_{bNH_4OH} > K_{bZn(OH)_2}$$

$$K_{hNH_4Cl} < K_{hZnSO_4}$$

Cu cît baza de la care provine sarea este mai slabă (K_b) cu atît sarea sa este mai hidrolizată. (K_h).

4. $B^+ + A^- + H_2O \rightleftarrows BOH + AH$

$$K_h = \frac{K_w}{K_aK_b}$$

In concluzie hidroliza este reacţia inversă neutralizării

$HA + BOH \rightleftarrows BA + H_2O$	a/ $A^- < BOH > H_2O$ $B^+ < HA > H_2O$ slab tare	B^+ acid conjugat slab, nu reacţionează cu apa A^- bază conjugată slabă nu acceptă proton de la apă.	— reacţia inversă este anihilată — echilibrul e deplasat spre dreapta, are loc *neutralizarea*.
	tare slab b/ $A^- > BOH < H_2O$	B^+ acid conjugat tare $B^+ + H_2O \rightleftarrows BOH + H$	are loc reacţia inversă neutralizării între ionii sării şi apă
	$B^+ > HA < H_2O$	A^- bază conjugată tare $A^- + H_2O \rightleftarrows HA + OH^-$	*Hidroliza* Cînd solventul nu este apă fenomenul este numit solvoliză.

DETERMINAREA WOLFRAMULUI ŞI ALUMINIULUI DIN OŢELURI PRIN METODE SPECTROFOTOGRAFICE

Lector univ. *HOTINCEANU MIHAI*, Fizician *PANAIT GRIGORE*, Asist. univ. *RUXANDA GRIGORE*, Ploieşti

Cînd pe suprafaţa unui mediu cade un fascicul de energie radiantă, o parte din energie este reflectată şi numai o parte pătrunde în mediu. Raportul dintre fluxul reflectat şi cel incident se numeşte factor de reflexie al mediului.

Dacă I_0 este fluxul de energie radiantă care cade pe un mediu de grosime I şi concentraţie c atunci fluxul I care părăseşte acest mediu este :

$$I = I_0 e^{-\varepsilon c l} \qquad (1)$$

unde ε poartă numele de coeficient de extincţie şi depinde doar de lungimea de undă a fluxului de energie radiantă. Relaţia (1) reprezintă legea lui Bouguer-Lambert-Beer.

Logaritmul :

$$E = \ln(I_0/I) = \varepsilon c l, \qquad (2)$$

poartă numele de extincţie naturală.

Dozarea unui component într-un solvent se poate realiza utilizînd relaţia (2) sau prin metoda curbei de calibrare. Deoarece pe lîngă dozarea unor substanţe în amestec, tehnica spectrofotometrică de absorbţie poate fi utilizată la obţinerea de informaţii privind constituţia moleculelor, la identificarea unor substanţe într-un amestec şi la urmărirea unor procese fizico-chimice, ea a cunoscut o dezvoltare deosebită în ultimele decenii.

Caracterizate printr-o sensibilitate mare şi o precizie sporită la concentraţii reduse metodele spectrofotometrice de analiză înlocuiesc cu succes, în foarte multe cazuri, metodele volumetrice şi fotometrice de analiză.

Utilizarea spectrofotometrelor permite fotometrarea soluţiei de analizat la lungimea de undă corespunzătoare maximului de absorbţie ceea ce determină realizarea unor analize cu precizie sporită, condiţie ce nu poate fi îndeplinită în toate cazurile la fotometre.

Astfel, pentru fotometrarea complexului $[W(SCN)_6]^{3-}$ în vederea determinării W în oţeluri, în [I] este indicat filtrul cu transmisia maximă la 437 nm, în [II] este indicat 436 nm, iar în [IV] este indicat 430 nm. Trasînd spectrul de absorbţie al complexului amintit s-a găsit că acesta are maximul de absorbţie la 397,5 nm.

Pentru determinarea W şi Al în oţeluri a fost utilizată metoda curbei de etalonare. S-a lucrat cu un spectrofotometru VSU-2P folosind lampa cu vapori de mercur şi cuve cu lungimea de 1 cm. Reactivii şi metodele de preparare a probelor pentru fotometrare sînt cele indicate în [I].

Spectrul de absorbţie pentru W este prezentat în Fig. 1 (maximul la 397,5 nm) iar curba de etalonare este prezentată în Fig. 2.

Eroarea relativă pentru concentraţia de 4 % este de $\pm 0{,}04$ %, durata determinării fiind de aproximativ 40 minute. Această metodă este recomandată faţă de metodele volumetrice şi fotometrice.

Scanned with OKEN Scanner

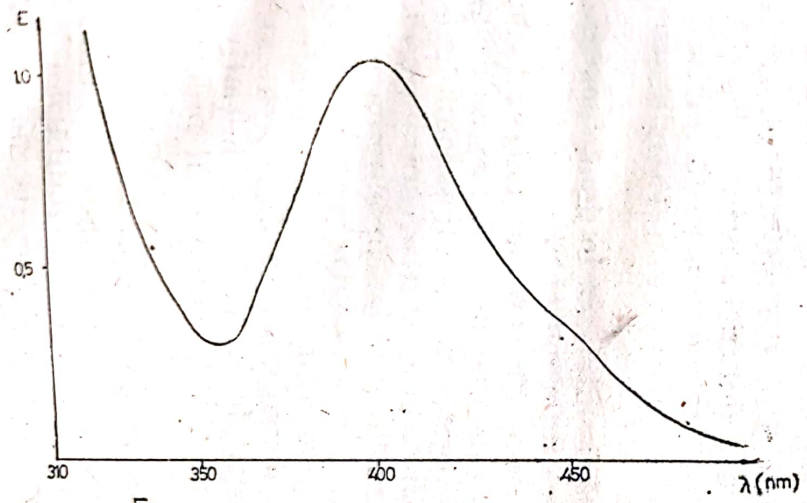


Fig. 1

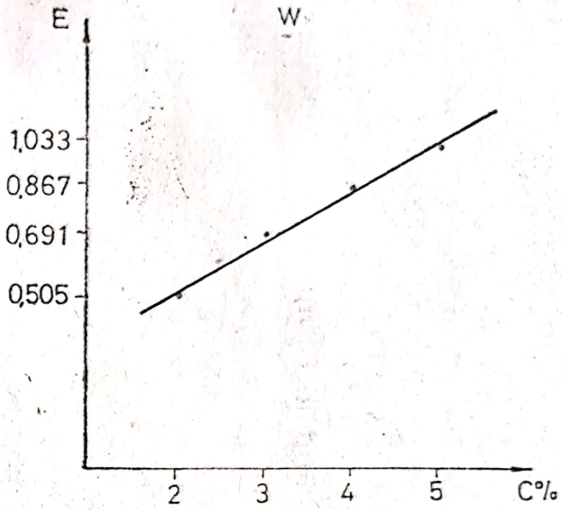


Fig. 2

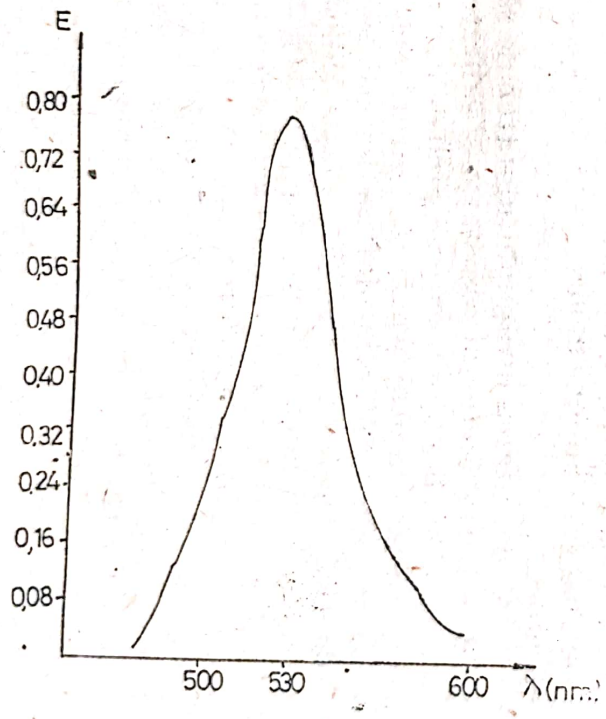


Fig. 3

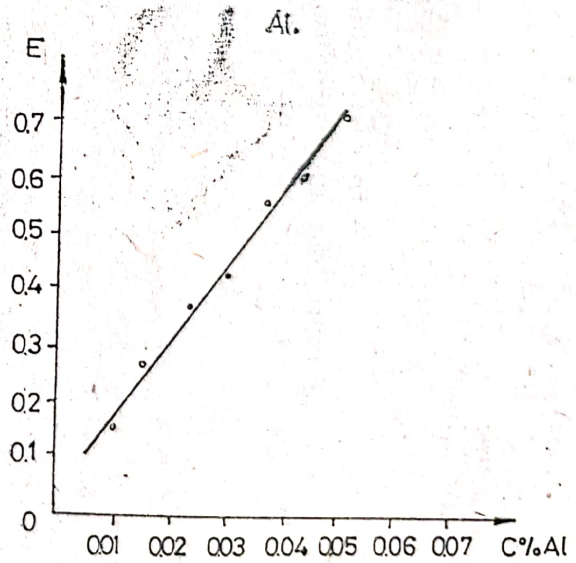


Fig. 4

Spectrul de absorbție pentru determinarea Al în oțeluri (proba fiind $Al(C_{23}H_{17}O_3SNa)$ este prezentat în fig. 3 (maximul la 530 nm) iar curba de calibrare în Fig. 4. Eroarea relativă pentru concentrația de 0,02% este de ±0,004%. Durata determinării este de aproximativ o oră.

Metoda pentru determinarea Al a fost pusă la punct pentru oțelul utilizat la fabricarea turlelor instalațiilor de foraj.

Această metodă este recomandată față de metodele volumetrice și chiar față de metodele spectroscopiei de emisie atomică cu excitare în scîntei (datorită neomogenităților probei).

BIBLIOGRAFIE

1. *N. Chindler* și *M. Benţa* — Analiza rapidă a fontelor și oțelurilor — Ed. tehnică, Buc. 1968
2. STAS 3420-67.
3. *M. A. Eliaşevici* — Spectroscopie atomică și moleculară — Ed. Academiei Buc. 1966.
4. Prospectul și metode de lucru pentru spectrofotometrul VSU-2P.
5. *D. Bîrcă-Gălăţeanu, M. Giurgea, I. Iova, V. Sahini, A. Truţa, R. Ţiţeica* — Introducere în spectroscopia experimentală Ed. Tehnică, Buc. 1966.

METODE ȘI PROCEDEE DIDACTICE FOLOSITE ÎN STUDIUL REACȚIILOR DE SUBSTITUȚIE

Prof. *MUCIUCIORA ELISABETA*, Tg Jiu

Considerații teoretice

Dezvoltarea științei contemporane, prin ritm și cantitate de informație, prin transformările structurale și metodologice, prin aplicațiile spectaculoase și eficiente sub raport social-economic constituie factorul principal care impune modernizarea învățămîntului ca sistem și al educației ca proces.

Modernizarea învățămîntului trebuie să fie înțeleasă în două sensuri : pe de o parte, a crescut cantitatea și calitatea informației primite de elevi, în așa fel încît noțiuni care se predau înainte în universități pătrund din ce în ce mai multîn școala de cultură generală ; pe de altă parte, noile exigențe ale învățămîntului au impus recurgerea la o nouă tehnologie didactică. Deci, în condițiile actuale ridicarea eficienței învățămîntului, trecerea la o nouă calitate, superioară și în învățămînt presupune folosirea cu precădere a metodelor active recomandate dedidactica modernă : problematizarea, instruirea programată, algoritmizarea etc. Folosirea permanentă a metodelor active conduce la dezvoltarea gîndirii creatoare a elevilor, curiozității științifice, capacității de investigare, inițiativei creatoare, capacității de muncă independentă și de aplicare în practică a celor învățate.

Militînd pentru creșterea eficienței procesului de predare-învățare a chimiei am acordat o atenție deosebită metodicii de predare a chimiei, formelor noi și cît mai eficiente de predare a materiei, modalităților de verificare a cunoștințelor elevilor. Studiul chimiei în școală înseamnă

Scanned with OKEN Scanner

redescoperirea și însușirea principalelor părți componente ale acestei științe fundamentale și a legăturilor dintre ele în scopul reconstruirii edificiului ei unitar și armonios.

Din experiența predării chimiei am constatat că folosirea metodelor active recomandate de didactica modernă îmbinate armonios cu metodele clasice contribuie la sporirea valorii formative a procesului de instruire. Îmbinînd metodele clasice cu metodele moderne se asigură o mai mare diversitate a activității didactice. Consider că folosirea în mod creator a sistemului metodelor de învățămînt în ansamblul său și nu numai a unora dintre ele angajează elevii la o activitate conștientă trezind astfel potențialul creator al lor. Totodată desfășurarea unor lecții de tipuri și variante diferite asigură activității didactice o notă de diversitate, de creație atît de necesară pentru stimularea gîndirii elevilor și dinamizării lor.

Toate aceste considerații vor fi exemplificate prin descrierea modului de desfășurare a temei alese la clasa a XII-a.

În activitatea desfășurată am încercat ca în studiul reacțiilor din chimia organică să nu mă rezum numai la cercetarea reactanților și a produșilor de reacție și să-i fac pe elevi să înțeleagă mecanismele prin care reactanții sînt transformați în produși punînd accent pe chimia structurală și pe cinetica chimică. Am urmărit ca prin cunoașterea mecanismului electronic prin care se scindează și se formează legăturile covalente în timpul unei reacții chimice elevii să înțeleagă rațional fenomenele, să realizeze o înlănțuire logică a fenomenelor, stimulînd astfel dezvoltarea spiritului de observație, a gîndirii științifice.

Am ținut cont de faptul că numai prin cunoașterea mecanismelor de reacție, a corelației structură-reactivitate-mecanism, dozarea gradată și integrarea organică pe tot parcursul desfășurării lecțiilor de chimie organică la clasa a XII-a se va asigura un caracter formativ și informativ lecțiilor de chimie.

Dobîndirea cunoștințelor despre mecanismul electronic al reacțiilor de substituție solicită elevilor un efort de transfer, de relaționare logică a cunoștințelor, de generalizare. Pentru atingerea obiectivelor elaborate la această temă am optat pentru o strategie de instruire materializată într-o serie de activități — frontală, individuală, de grup —, care să dezvolte la elevi capacitatea de transfer, spiritul științific, spiritul independent, capacitatea de a sesiza și rezolva probleme. Utilizarea acestei strategii de instruire în studiul temei a implicat și folosirea unor materiale adecvate: fișe de lucru, folii pentru retroproiector (conținînd răspunsuri corecte la unele sarcini din fișă), modele spațiale, substanțe chimice și ustensile de laborator necesare efectuării experiențelor.

Proiect de tehnologie didactică — (metodica realizării lecției).

Titlul lecției : — Mecanismul electronic al reacțiilor de substituție.

Structura lecției — Lecție de comunicare de noi cunoștințe în contextul principiului învățării prin descoperire.

Scanned with OKEN Scanner

Obiective — Însuşirea de cunoştinţe despre mecanismul electronic al reacţiilor de substituţie, evidenţierea corelaţiei structură-reactivitate-mecanism de reacţie care să-i ajute pe elevi să înţeleagă conceptele fundamentale la tema respectivă, să opereze activ cu cunoştinţele însuşite în situaţii noi, favorizînd dezvoltarea capacităţilor intelectuale ale acestora.

Strategia didacitäc : a) Metode : conversaţia, problematizarea împletită cu folosirea unor fişe-program de lucru.

b) Mijloace S-au folosit fişe de lucru, substanţe, ustensile, folii pentru retroproiector.

Desfăşurarea tehnologiei didactice

Activitatea s-a desfăşurat conform următoarei scheme :

— scurtă verificare frontală a noţiunilor de bază din lecţia „Intermediari de reacţie" (8—10 min.)

— anunţarea temei şi a scopului urmărit prin predarea lecţiei (1—2 min.)

— predarea noului material — partea fundamentală a lecţiei — care a început prin muncă obişnuită : profesorul i-a familiarizat pe elevi cu materialul faptic necesar înţelegerii temei, le-a îndrumat observaţiile asupra proceselor, raporturilor dintre fenomene, cu ajutorul întrebărilor i-a ajutat pe elevi să sesizeze relaţii, uşurînd înţelegerea (8—10 min.).

Activitatea cu elevii s-a axat asupra clasificării reacţiilorde substituţie după mecanismul scindării substratului şi după natura reactantului în substituţii radicalice (homolitice) şi substituţii heterolitice.

Se propune elevilor să scrie ecuaţii generale pentru aceste reacţii.

— substituţii radicale (S.R)

$$R-X + \cdot Y \longrightarrow R-Y + \cdot X$$

— substituţii heterolitice ↗ nucleofile (S.N) $R-X + :N^- \rightarrow R-N + :X^-$

↘ electrofile (S.E) $R-X + E^+ \rightarrow R-E + X^+$

Munca de asimilare a cunoştinţelor a continuat apoi în mod independent, elevilor oferindu-li-se fişe — program de lucru, timp de aproximativ (20′—25 min.)

Fişa nr. 1. Se dau reacţiile de substituşie exprimate prin ecuaţiile :

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{\text{lumină}} CH_3-Cl + HCl$$

$$C_6H_6 + Cl_2 \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5-Cl + HCl.$$

a). Cum vă explicați că decurg prin mecanisme diferite deși reactanții și substraturile în ambele cazuri sînt molecule neutre, nepolare.

b). Din cunoștințele din clasele anterioare redați mecanismul electronic al celor două reacții.

Soluțiile propuse de elevi, independent se comunică la nivelul clasei în cadrul unui dialog de tipul „asaltului de idei", condus de profesor care sistematizează selectiv răspunsurile și le apreciază. Astfel toți elevii vor înțelege că prima reacție este o reacție de substituție radicalică, deoarece atît substratul cît și reactantul se vor scinda simetric, și fiind fotochimică va decurge printr-un mecanism în lanț, iar a doua reacție datorită prezenței catalizatorului $AlCl_3$ care este o substanță deficitară în electroni (acid Lewis) va favoriza scindarea nesimetrică a reactantului formîndu-se cationul Cl^+ care va produce atacul electrofil asupra substratului deci este o reacție de substituție electrofilă.

Fișa nr. 2. Se dau următorii compuși:

C_6H_6	C_6H_5OH	$C_6H_5NO_2$
I	II	III

a). Care dintre acești compuși credeți că are reactivitate mai mare în substituția electrofilă (de ex. în reacție cu NO_2^+)

b). Propuneți o explicație care să releve relațiile ce există între efectele exercitate de sunstituenții — OH respectiv $-NO_2$ și poziția în care vor intra substituienții ulteriori în substituțiile electrofile.

c). Experimentați reacția care are loc mai rapid (pe baza indicațiilor date la mese) — notați observațiile.

Rezultatele experienței, observațiile, interpretările, concluziile se discută la nivelul clasei, elevii avînd astfel prilejul să releve noi aspecte ale corelației structură-reactivitate.

Fișa nr. 3. Încadrați reacțiile de mai jos în tipurile de substituții studiate (S.R; S.N; S.E).

a) $R-X+OH^- \longrightarrow R-OH+X^-$ unde X=Cl, Br

b) $C_6H_6+CH_3-Cl \xrightarrow{AlCl} C_6H_5-CH_3+HCl$

c) $R-H+X_2 \longrightarrow R-X+HX$ unde R—H=alcan, $X_2=Cl_2$, Br_2

d) $R-X+NaCN \longrightarrow R-CN+NaX$ unde R—X=Halogenură de alchil.

Răspunsurile corecte se prezintă cu retroproiectorul.

— Conversația finală cu caracter de fixare (4—5 min.) se face prin activitate frontală prin întrebări care implică aplicarea cunoștințelor însușite în situații variate și desprinderea unor concluzii cu caracter general.

Scanned with OKEN Scanner

După studiul temei, în scopul măsurării gradului de realizare a obiectivelor am dat elevilor următorul test :

R. de substit.

— **Test de completare**

Reacţiile de substituţie sînt reacţii de ..... a unui atom de hidrogen sau a unei ..... cu alţi atomi sau grupe de atomi.

După mecanismul scindării substratului şi după natura reactantului

. . . . . .

. . . . . .

În reacţiile homolitice substratul se scindează . . . . . rezultînd intermediari . . . . . ., iar în reacţiile heterolitice substratul se scindează . . . . . conducînd la intermediari . . . . .

Scindarea reală a legăturii C—H din molecula metanului este . . . . . : formînd. . . . . .

Reacţia de clorurare a metanului în prezenţa luminii decurge printr-un mecanism . . . . . (vînd următoarele etape :

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Prin analogie cu reacţia de clorurare a metanului în prezenţa luminii şi cu reacţia Friedel-Crafts stabiliţi produşii care vor rezulta în următoarele procese :

1. $C_6H_5-CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{\text{lumină}} A + B$

$A + Cl_2 \longrightarrow C + B$

$C + Cl_2 \longrightarrow D + B$

2. $C_5H_5-CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{AlCl_3} E + F + B$

3. $C_5H_4 + Cl_2 \xrightarrow{AlCl_3} G + B$

. . . . . .

. . . . . .

Reacţia 1 va decurge printr-un mecanism . . . . . iar reacţiile 2 şi 3 printr-un mecanism . . . . . deoarece catalizatorul $AlCl_3$ va favoriza. . . . . .

Concluzii

Cunoaşterea şi însuşirea mecanismelor de reacţie contribuie la lărgirea orizontului ştiinţific al elevilor, la formarea unei vederi de ansamblu asupra problemelor de fond ale chimiei organice şi a unui anumit mod de a gîndi strict necesar elevilor pentru optima lor dezvoltare multilaterală.

Datele obţinute la testul dat sînt :

Note	4	5	6	7	8	9	10
Frecvenţe	—	2	2	8	6	4	3

Scanned with OKEN Scanner

$$M = \frac{\Sigma fx}{n} = 7{,}68$$

Rezultatele obținute relevă realizarea obiectivelor stabilite.

SPECTROSCOPII MOLECULARE ÎN INFRAROȘU ȘI RAMAN

Asist. univ. *RUXANDA GRIGORE*, Lector univ. *HOTINCEANU MIHAI*, Ploiești

Pentru o stare dată, un complex molecular comportă multe grade de libertate, caracterizate fiecare de o anumită energie. Descrierea stărilor staționare ale moleculelor se face în baza unui model, anume ales, încît rezultatele ce se obțin, aproximează într-o anumită măsură pe cele obținute pe cale experimentală.

Pentru moment să considerăm că raportul dintre masele electronului și nucleului este foarte mic astfel că mișcarea electronului este mai rapidă decît a nucleelor. Interacția nucleelor cu electronii, poate fi înlocuită cu media peste mai multe rotații electronice încît în ecuația lui Schrödinger, variabilele nucleelor apar ca fiind separate de cele ale electronilor. Această metodă de separare este cunoscută sub numele de aproximația adiabatică. O altă metodă de tratare a sistemelor moleculare cunoscută sub numele de aproximația Born—Oppenheimer constă în a pune hamiltonianul sub forma unei dezvoltări în serie după puterile lui $\varkappa = \sqrt[4]{m/M}$. Și-ntr-un caz și-n celălalt, rezolvarea problemei valorilor proprii ale hamiltonianului moleculei ne conduce la același rezultat :

$$E_n = T_n + W_n + W'_n \qquad (1)$$

În (1) W_n este suma dintre energiile de interacție reciprocă *a nucleelor $(E_{rec})_n$ și energia electronilor în starea cuantică n, $(E_{el})_n$, astfel că : $W_n = (E_{rec})_n + (E_{el})_n$. Peste mișcările descrise de energiile enunțate anterior se pot suprapune mișcări de rotații sau de translație a ansamblului, cărora le corespund energiile de rotație W'_n și respectiv energiile de translație T_n. Cu aceste semnificații se deduce ușor că E_n trebuie să fie energia totală a sistemului molecular, bine înțeles în aproximația considerată. Această energie este definită pînă la o constantă arbitrară aditivă, care la rîndul său poate fi aleasă zero sau corespunzînd stării în care părțile componente sînt în repaus la distanță infinită.

Energiile E_{rec}, E_{el} și W'_n sînt forme de energie internă a moleculei reprezentînd mișcări în raport cu centrul de masă. Toate aceste forme de energii nu pot avea decît valori discrete, corespunzătoare stării sistemului molecular respectiv, ele constituind „obiectul" spectroscopiilor moleculare. În continuare se vor considera sisteme moleculare biatomice urmînd a se face anumite „prelungiri" pentru sisteme moleculare poliatomice.

*) După cum se va vedea, energia de interacție reciprocă explică de fapt vibrația sistemului molecular.

Scanned with OKEN Scanner

1) *Spectre de vibrație*

Nucleele atomilor moleculei biatomice (concepută ca o halteră) situați la distanța de echilibru R_0 pot oscila în jurul acestei distanțe. Forța de revenire a nucleelor la distanța de echilibru este dată prin repulsia internucleară, Z_1Z_2/R^2 și din modificarea energiei electronilor astfel că energia de vibrație este :

$$W(R) = Z_1Z_2/R + E_{el}(R) \qquad (2)$$

În aproximația oscilatorului armonic forța de revenire către poziția de echilibru este de forma $F = -kx = -\frac{d}{dx}\left(\frac{1}{2}x^2\right)$, astfel că valorile proprii ale hamiltonianului de vibrație sînt :

$$(E_{vibr})_v = \hbar(k/\mu)^{\frac{1}{2}}\left(v + \frac{1}{2}\right) \qquad (3)$$

unde v este numărul cuantic de vibrație avînd valorile 0, 1, 2, 3, ... Pentru starea fundamentală, cînd $v = 0$, energia de vibrație (contrar așteptărilor !) nu se anulează avînd valoarea $(E_{vibr})_0 = \frac{1}{2}\hbar(k/\mu)^{\frac{1}{2}}$. În relațiile precedente k este o constantă ce caracterizează forțele de revenire către starea de echilibru iar μ este masa redusă a sistemului molecular, $\mu = M_1M_2/(M_1 + M_2)$.

Între diferitele stări de energie pot exista numai anumite tranziții și anume cele conforme regulii de selecție $\Delta v = \pm 1$. Frecvența radiației emise sau absorbite este dată prin relația : $\nu = (E_{v+1} - E_v)/h = \frac{1}{2}(k/\mu)^{\frac{1}{2}}/\pi$ și după cum se observă nu depinde de numărul cuantic de vibrație. Probabilitatea de existență a moleculelor într-o anumită stare de vibrație este dependentă de temperatură iar la zero absolut toate moleculele se află pe nivelul de zero al energiei.

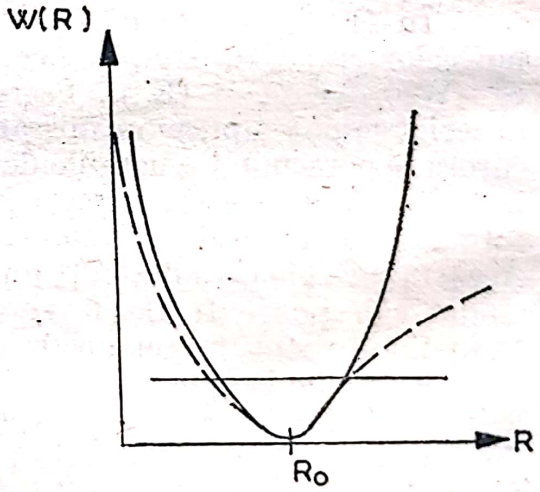


Fig. 1

În figură prin curba punctată este reprezentată energia potențială corespunzătoare interacției dintre cei doi atomi. Minimul acestei curbe corespunde existenței unei legături între cei doi atomi. Pentru energii destul de coborîte, curba punctată poate fi înlocuită cu parabola centrată în R_0. Această aproximație se numește aproximația oscilatorului armonic.

Din figurile 1 și 2 se observă că dacă stările de vibrație excitate sînt înalte, abaterea de la forma parabolică a potențialului nu mai este neglijabilă astfel că nivelele de energie se îndesesc spre limita de disociere a moleculei, atunci cînd atomii au deplasări independente.

Pentru vibraţii cu amplitudini mari sînt posibile şi tranziţiile $\Delta n = \pm 2; \pm 3; \pm 4; \ldots$, astfel că pe lîngă frecvenţa fundamentală poate să apară şi armonicele superioare, $2\nu_0$, $3\nu_0$, ...

2) *Spectre de rotaţie*

Clasic energia de rotaţie a unei haltere este $E_{rot} = 1/2 I\omega R_{12}^2$ unde I este momentul de inerţie, fiind dat prin : $I = \mu R_{12}^2$. În mecanica cuantică valorile proprii ale hamiltonianului de rotaţie sînt date prin :

$$W' = \frac{1}{2}\hbar^2 J(J+1)/I \qquad (4)$$

unde J este numărul cuantic de rotaţie avînd valorile 0, 1, 2, 3, ... Cu notaţia : $B = h/4\pi c.I$, (constanta de rotaţie), relaţia precedentă se scrie sub forma $W'/hc = BJ(J+1)$. (W'/hc se măsoară în cm^{-2} pentru sistemul de unităţi CGS). Se observă că nivelele energetice ale rotaţiilor pure nu mai sînt echidistante (Fig. 3). Frecvenţa radiaţiei emise la trecerea de pe un nivel pe altul este :

$$\nu = Bc[J'(J'+1) - J(J+1)] \qquad (5)$$

Evident şi-n acest caz nu orice tranziţie este posibilă, regula de selecţie fiind $\Delta J = \pm 1$. Cu această regulă de selecţie frecvenţa radiaţiei de emisie sau absorbţie este $\nu = 2Bc(J+1)$ sau în numere de undă $\nu/c = \tilde{\nu} = 2B(J+1)$. ceea ce dă un spectru format din linii echidistante prezentînd intervale 4B(Fig. 4).

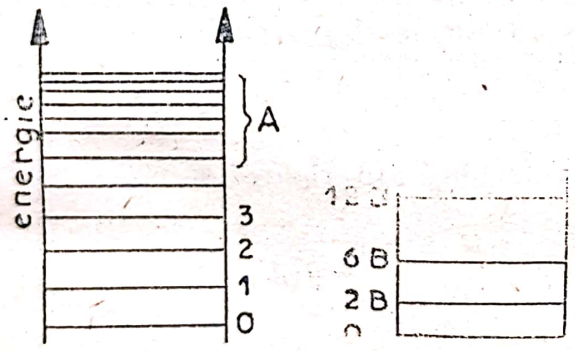


Fig. 2. Domeniul spectral A corespunde stărilor de vibraţie de energie mare.

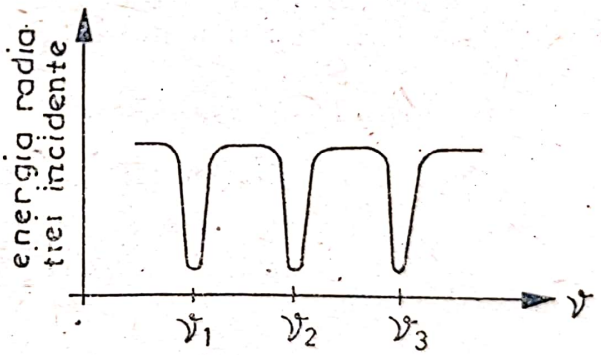


Fig. 3. Schema de nivele energetice pentru rotatorul rigid.

Fig. 4. Reprezentarea schematică a spectrului de rotaţie a moleculei biatomice în absorbţie.

Spectrele de rotaţie ale moleculelor poliatomice depind în principal de distribuţia masei în jurul axei de rotaţie.

Această distribuţie este descrisă de tensorul de inerţie * ale cărui componente depind de sistemul de axe ales. De regulă se folosesc anumite

---

* O mărime tensorială este reprezentată printr-o matrice ale cărei elemente sînt componentele tensorului. Tensorul de inerţie este reprezentat printr-o matrice cu trei coloane şi trei linii, care în caz particular numai componentele diagonale sînt nenule.

**) S-a făcut notaţia $\hbar = h/2\pi$

sisteme de axe, astfel că tensorul de inerție capătă o formă simplificată, formă explicată de trei componente principale.

Astfel pentru rotatorul rigid sferic, componentele principale sîn tegale : $I_1 = I_2 = I_3 = I$; Pentru rotatorul simetric : $I = I_1 = I_2 \neq I_3$; pentru rotatorul asimetric : $I_1 \neq I_2 \neq I_3$. În cazul rotatorului simetric punînd : $B = h/4\pi cI$ cu $I = I_1 = I_2$ și $B_3 = h/4cI_3$ se obține

$$W'/hc = BJ(J + 1) + (B_3 - B)k^2,$$

cu $-J \leqslant k \leqslant J$ astfel că la o eventuală tranziție între diferitele stări energetice mai trebuie impusă o regulă de selecție asupra lui k. Aici k este un număr cuantic ce caracterizează proiecția momentului cinetic pe axa de rotație. Pentru valori mari ale lui J forțele centrifuge deformează molecula, schimbînd valorile principale ale tensorului care este dependent de distanțele intermoleculare și de unghiul sub care s-a format legătura.

3) *Efect Raman*

Dacă o moleculă interacționează cu o undă electromagnetică de frecvență ν, atunci această undă induce un moment electric dipolar. Molecula fiind în mișcare de rotație, antrenează cu sine și elipsoidul de polarizare astfel că momentul dipolar indus variază periodic în același timp. Același lucru se întîmplă și-n cazul în care molecula vibrează. La o observare a luminii împrăștiate pe direcție perpendiculară radiației incidente, se vor observa pe lîngă radiația de frecvență ν și radiațiile de frecvență $\nu + \nu_0$ și $\nu - \nu_0$ unde ν_0 este frecvența de rotație sau de oscilație. Acest fenomen a fost descoperit experimental în 1928 în India de Raman.

4) *Spectroscopie moleculară*

Relația (1) scrisă în virtutea afirmațiilor anterioare devine :

$$E_n = T_n + (E_{el})_n + \hbar(k/\mu)^{\frac{1}{2}}\left(v + \frac{1}{2}\right) + \frac{1}{2}\hbar^2 J(J + 1)/I \qquad (7)$$

Ținînd cont de păturile electronice, molecula se poate găsi în stări energetice diferite, caracterizate prin numere cuantice n_1 și n_2 și fiecărei configurații electronice îi corespunde cîte un grup de nivele de vibrație. La rîndul său fiecare nivel de vibrație se desface într-un grup de nivele de rotație. Frecvența radiației emise în urma tranziției va fi dată prin :

$$1/\lambda = \tilde{\nu} = \Delta E_{el}/hc + \Delta E_{vibr}/hc + \Delta W'/hc \qquad (8)$$

Spectrul obținut în urma emisiei, foarte complicat, este format dintr-un fel de benzi deoarece cu un spectrograf de rezoluție suficint de ridicată se poate pune în evidență o structură fină a lor. Ordinul de mărime al diferitelor tranziții acoperă un domeniu spectral foarte larg, iar tehnica

Scanned with OKEN Scanner

folosită este valabilă numai pentru anumite părţi ale acestui domeniu. [Fig. 5].

În conformitate cu principiul de incertitudine, electronul poate avea un impuls de ordinul a $\hbar/R_0$ unde R_0 reprezintă dimensiunile atomului. Deci energia cinetică a electronilor pe nivelul fundamental este : $E_{el} = p^2/2m \approx \hbar^2/mR_0^2$. (Considerînd R_0 de ordinul a 10^{-10}m se obţine pentru $\hbar^2/mR_0^2$ valoarea 7,56 eV). Această energie reprezintă de fapt o energie de legătură. Din aceleaşi considerente se poate demonstra că ordinul de mărime al tranziţiilor între diferitele nivele de rotaţie este dat de $\hbar^2/MR_0^2$. Astfel pentru molecula de hidrogen valoarea calculată este $4{,}0912.10^{-3}$ eV. Energia de vibraţie cea mai coborîtă corespunde stării în care nucleele atomilor sînt situate la distanţa R_0 avînd valoarea $1/2M\omega^2R_0^2$. Această energie este tocmai energia necesară îndepărtării unui atom din ansamblu molecular la infinit şi care după cum s-a afirmat anterior reprezintă o creştere în energie de ordinul $\hbar^2/mR_0^2$.

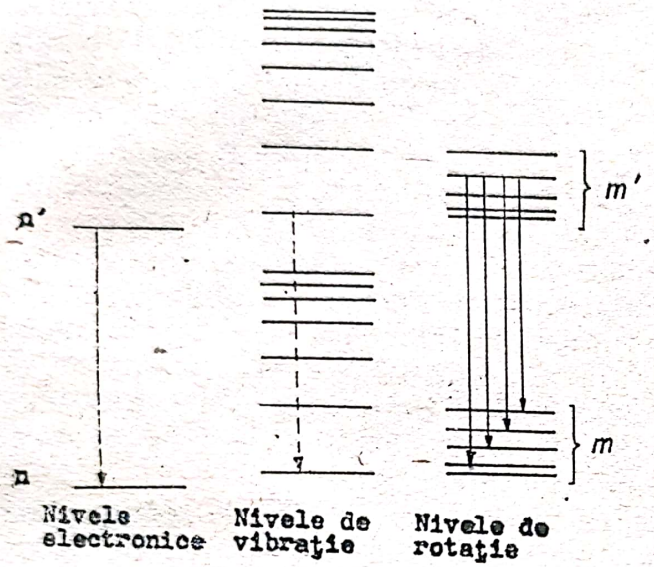


Fig. 5

Din egalitatea aproximativă $\frac{1}{2} M\omega^2R_0^2 \approx \hbar^2/mR_0^2$ şi ţinînd cont că energia de vibraţie este $\hbar\nu$ (sau $\hbar\omega$) rezultă că $h\nu_{vibr} = \hbar^2/(mM)^{\frac{1}{2}} R_0^2$. (Calculul făcut pentru această mărime va da $1{,}76.10^{-1}$ eV). Intruducînd parametrul $\varkappa = \sqrt[4]{m/M}$ se obţine :

$$\varkappa^4 \Delta E_{el} \approx \varkappa^2 \Delta E_{vibr} \approx \Delta W'$$

În baza acestor ordine de mărime, spectrele tranziţiilor electronice sînt cuprinse în domeniul vizibil şi ultraviolet (UV). Energiile ce intervin în acest caz sînt de ordinul 10 eV. Pentru spectroscopiile de UV sînt necesare medii optice din cuarţ.

Vibraţiile şi rotaţiile moleculelor îndepărtează centrul de simetrie producînd un dipol electric oscilant cu frecvenţa impusă de modul de vibraţie sau de oscilaţie respectiv. Aceşti dipoli în anumite cazuri pot absorbi energie electromagnetică la rezonanţă, molecula fiind adusă pe un nivel energetic superior. Spectrele tranziţiilor de vibraţie şi de rotaţie acoperă domeniul infraroşului îndepărtat ajungînd pînă în domeniul microundelor, alcătuind spectroscopiile de infraroşu (IR).

În spectrele de vibraţie şi de rotaţie pot fi puse în evidenţă efecte de deplasare izotopică a frecvenţelor radiaţiilor emise. Intr-adevăr, diferiţi atomi din cadrul unui complex molecular pot fi supliniţi de izotopii lor. Aceasta are ca efect modificarea distribuţiei de masă. În cadrul mole-

culei biatomice se modifică masa redusă $\mu = M_1 M_2^*(M_1 + M_2)$ unde M_2^* este masa izotopului. (Molecula de acid clorhidric poate conține Cl^{35} și Cl^{37} astfel încît în emisie, spectrul de vibrație conține două linii a căror separare este de 14Å [IV]). Pentru spectroscopiile de IR se folosește o optică adecvată și surse IR.

In spectroscopia Raman se folosesc surse monocromatice în vizibil obținîndu-se în jurul liniei spectrale a radiației incidente un fel de bandă ce corespunde diferitelor moduri de vibrație sau de rotație. Dacă molecula este nesimetrică atunci modul de vibrație sau de rotație poate fi pus în evidență numai prin spectroscopie IR. În spectroscopia Raman pot fi puse în evidență numai moleculele simetrice. Cele două tipuride spectroscopii se desosebesc între ele prin domeniul spectral folosit, deci și a instrumentației folosite. Astfel domeniul spectral folosit în spectroscopia Raman poate fi ales în vizibil iar instrumentația optică folosită să aibe o rezoluție suficient de ridicată. Modurile de rotație de frecvență coborîte se găsesc în domeniul undelor milimetrice și tot în acest domeniu își găsește loc și metoda rezonanței electronice paramagnetice. Cu toate acestea cele două metode se deosebesc prin fenomenele studiate. Reamintim doar că spectrele de rotație și de vibrație sînt de natură electrică.

De multe ori spectroscopiile IR și Raman conduc la interpretări ambigue, astfel că aceste două metode se folosesc complementar altor tehnici de cercetare.

BIBLIOGRAFIE

1. *A. Messiah* — Mecanică cuantică — Ed. științifică 1974.
2. *Max Born* — Fizică Atomică — Ed. științifică — 1973.
3. *Landau et Lifchitz* — Mecanique quantique — Edition Mir — 1967.
4. *R. D. Evans* — The Atomic Nucleus — McGraw-Hill Book Company Inc. 1955.
5. *M. A. Eliașevici* — Spectroscopia atomică și moleculară — Ed. Academiei R.S.R.—1966.

METODE ȘI PROCEDEE DIDACTICE FOLOSITE ÎN SISTEMATIZAREA ȘI EVALUAREA CUNOȘTINȚELOR DESPRE COMBINAȚIILE COMPLEXE

Prof. *MUCIUCIORA ELISABETA*, Tg.-Jiu

Pornind de la realitățile și cerințele școlii românești, o atenție deosebită trebuie să se acorde metodicii de predare a chimiei, formelor noi și cît mai eficiente de predare a materiei, modalităților de verificarea cunoștințelor elevilor.

Profesorul trebuie să folosească acele metode și procedee care să dezvolte capacitatea de investigare a elevilor, inițiativa creatoare, capacitatea de muncă independentă și de aplicare în practică a celor învățate. Aceasta presupune o preocupare permanentă pentru a realiza o maiactivă participare a elevului la propria sa formare, pentru o mai înlată motivație a acestuia în actul învățării, al educației în general. Ridicarea efici-

Scanned with OKEN Scanner

enței învățămîntului, trecerea la o nouă calitate, superioară și înînvățămînt presupune folosirea cu precădere a metodelor active recomandate de didactica modernă: învățarea prin descoperite, problematizarea, algoritmizarea, instruirea programată. Folosind metodele active se va modifica structura clasică a lecțiilor, în sensul că cea mai mare parte a fiecărei lecții este destinată muncii independente a elevilor. Procesul de învățare a chimiei cunoaște mutații calitative în sensul mutării accentului de la „volumul de cunoștințe" la „metodele de gîndire". Dezvoltarea aptitudinilor creative ale elevilor în cadrul orelor de chimie a devenit deci o problemă de importanță hotărîtoare pentru eficiența procesului instructiv — educativ. O lecție de chimie modernă trebuie să ducă la crearea unei atmosfere creative, propice pentru descoperirea noilor cunoștințe, noilor noțiuni prin activitate proprie prin autodirijarea gîndirii. Deci profesorul trebuie să întrețină în laborator un climat de cercetare, să dirijeze gîndirea creatoare, raționamentul elevilor, astfel încît noile cunoștințe să fie dobîndite prin propriile lor eforturi. Insușirea cunoștințelor în felul acesta dă posibilitatea unei înțelegeri raționale a fenomenelor, contribuind la formarea unei vederi de ansamblu asupra problemelor de fond ale chimiei și a unui anumit mod de a gîndi, strict necesar elevilor pentru a permite optima dezvoltare multilaterală a lor.

Promovarea consecventă a unei atmosfere creative, permisive de exprimare liberă deschide o cale directă spre cunoașterea elevilor atît în privința volumului de cunoștințe și calității cunoștințelor, cît și a set-urilor cognitive și afective; profesorul află fondul intuitiv al elevilor în legătură cu anumite concepte de chimice, dificultatea restructurării acestuia sub imperativul însușirii noilor cunoștințe. Lucrînd în acest mod permanent elevii și profesorul ajung la o nouă mentalitate didactică. Ei văd în munca școlară o muncă de cooperare în care accentul trebuie să cadă pe *activitatea afectivă a elevilor* în laborator (nu pe „audiere"), activitate desfășurată cu interes și plăcere. Elevii învață să studieze independent, singuri sau în cooperare ceea ce este esențial pentru un viitor adult al societății noastre socialiste.

Experiența predării chimiei arată că numai printr-o sistematizare a cunoștințelor elevii își însușesc temeinic materialul însușit anterior. Introducerea noilor metode are șanse mai mari de reușită dacă se introduc diferite forme de activitate cu întreaga clasă. Sisteatizarea cunoștințelor despre combinațiile complexe are ca scop aprofundarea cunoștințelor despre structura, stabilitatea, proprietățile magnetice și chimice și utilizările combinațiilor complexe în analiza chimică. Pentru pregătirea elevilor, înaintea lecției de sistematizare li se dau întrebări și exerciții, care cuprind materialul de bază ce urmează să fie discutat, aprofundat. Întrebările se pun în funcție de nivelul de pregătire al elevilor și totodată care cer o capacitate de sistematizare. Se va urmări aprofundarea următoarelor aspecte:

a). — sistematizarea cunoștințelor despre structura combinațiilor complexe luînd în considerare structura electronică a ionului metalic central, natura liganzilor, tipurile de hibridizări, configurația spațială.

b). — sistematizarea cunoștințelor despre stabilitatea combinațiilor complexe, urmărind atît sub aspect termodinamic (energia legăturii metal-ligand, constantele de instabilitate, potențialele de oxido--reducere

care măsoară stabilitatea stării de valență) cît și sub aspect cinetic (viteza și mecanismul reacțiilor la formarea complecșilor). Se va pune accent pe cunoașterea factorilor care determină stabilitatea combinațiilor complexi ca, de exemplu: natura atomului central, natura liganzilor, condițiile de sinteză (natura solvenților, concentrația soluțiilor, pH-ul soluțiilor tăria ionică, temperatura etc.).

c). — cunoașterea modului cum disociază ionii complecși, a Ki și rezolvarea de probleme: determinarea concentrațiilor unor ioni din soluțiile unor combinații complexe cunoscînd valorile numerice ale Ki (care, sînt tabelate).

d). — cunoașterea utilizării combinațiilor complexe în analiza chimică, a realizărilor obținute în țara noastră în acest domeniu și a perspectivelor de viitor.

Am optat pentru o lecție de sistematizare și evaluare a cunoștințelor despre combinațiile complexe în care cea mai mare parte a lecției să fie destinată muncii independente a elevilor. De asemenea potrivit cu nivelul real al elevilor am diferențiat sarcinile de muncă independentă. Am ales sarcini diferențiate care să permită fiecărui elev ca în funție de nivelul său de cunoștințe, de posibilitățile sale să participe efectiv independent la rezolvarea sarcinilor date.

Lecția de sistematizare și evaluare a cunoștințelor despre combinațiile complexe se conduce astfel: la început se adresează întrebări întregii clase care să cuprindă cele mai importante noțiuni teoretice ale temei și să-i ajute pe elevi să -și sistematizeze cunoștințele obținute, ca de exemplu:

— Ce puteți spune despre structura combinațiilor complexe?

— Ce teorii cunoașteți care explică legăturile din combinațiile complexe?

— Dați exemple de combinații complexe, scrieți reacțiile de disociere și expresiile constantelor de instabilitate.

În cursul discuției la care participă toată clasa se reamintește că combinațiile complexe sînt alcătuite dintr-un atom central în jurul căruia există molecule sau ioni numiți liganzi. Se va pune accent pe cunoașterea naturii legăturii dintre atomul central și liganzi și stereochimia combinațiilor complexe. De asemenea se va pune acent pe cunoașterea factorilor care determină stabilitatea ionului complex respectiv.

Se trece apoi la rezolvarea sarcinilor de muncă independentă pe baza temelor stabilite în funcție de posibilitățile elevilor și care se află pe masa de lucru. Astfel tema I este comună tuturor elevilor și va putea fi rezolvată folosind cunoștințele anterior studiate.

Tema I 1. Denumiți următoarele combinații complexe:

a). $Ag[(NH_3)_2]Cl$

b). $K_2[HgI_4]$

c). $K_3[Fe(SCN)_6]$

d). $Cu_2[Fe(CN)_6]$

2. Pe baza substanțelor existente la masa de lucru obțineți practic aceste combinații complexe.

3. Screiți ecuațiile reacțiilor chimice care au loc.

Scanned with OKEN Scanner

Tema II-a, avînd un grad de dificultate mai mare este adresată elevilor buni.

1. Ce structură electronică prezintă următorii ioni complecși:
a). $[Fe(CN)_6]^{3-}$
b). $[Fe(CN)_6]^{4-}$
2. Ce proprietate magnetică diferențiază ionii de la punctele a) și b).

Tema II-b, pentru elevii cu posibilități mai scăzute de transfer
1. Formulați hexaquoionii complecși ai Cr(III); Fe(III); Co(III).
2. Formulați în mod asemănător tetraamoniacoionii complecși ai Cu(II); Ni(II); Zn(II).
3. Experimentați obținerea combinației complexe:

$$[Cu(NH_3)_4]SO_4$$

După ce elevii au rezolvat tema II în mod diferențiat se propune clasei să se rezolve două probleme de determinare a concentrației unor ioni din soluțiile unor combinații complexe cunoscînd valoarea constantei de instabilitate.

1). Să se determine concentrația ionilor de Ag^+ dintr-o soluție de $K[Ag(CN)_2]$ de concentrație 0,1 m știind că constanta de instabilitate are valoarea $Ki = 10^{-21}$.

2). Să se calculeze raportul concentrațiilor ionului de Ag^+ din două volume egale de soluții de aceeași concentrație ce o conține:
a). $K[Ag(CN)_2]$
b). $Na[AgCl_2]$
Se dau $K_a = 10^{-21}$ și $K_6 = 4{,}4 \cdot 10^{-5}$
Se trece apoi la rezolvarea temei III.

Tema III-a, pentru elevii buni
Pe baza valorilor constantelor de instabilitate date pe planșa expusă, stabiliți enunțul și datele unei alte probleme asemănătoare cu cele rezolvate anterior. Rezolvați și această problemă.

Tema III-b. Scrieți expresia constantei de instabilitate pentru următorii ioni complecși:

$$[Fe(CN_6)]^{4-}$$
$$[Fe(CR)_6]^{3-}$$
$$[Cr(NH_3)_6]^{3+}$$
$$[HgI_4]^{2-}$$

Lecția se va încheia cu o discuție cu întreaga clasă despre importanța combinațiilor complexe în analiza chimică și în industrie, despre realizările obținute în țara noastră în acest domeniu și perspectivele de viitor.

În concluzie, această sistematizare contribuie la aprofundarea cunoștințelor elevilor despre structura electronică, structura geometrică, stabilitatea și utilizările combinațiilor complexe. Consider că o astfel de lecție conduce la atingerea obiectivelor operaționale elaborate la această temă,

Scanned with OKEN Scanner

crează posibilităţi ca elevii să tragă concluzii importante pe baza unor experienţe proprii, le dezvoltă capacitatea de gîndire, înţeleg mai bine procesele de transformare, adîncesc fenomenele cunoscute, dezvoltă la elevi capacitatea de a sesiza şi rezolva probleme, spiritul independent, spiritul ştiinţific.

Creşterea permanentă a calităţii lecţiilor este un proces de perfecţionare continuă a activităţii instructiv-educative a fiecărui cadru didactic. Ridicarea calităţii lecţiilor procesului de învăţămînt este condiţionată deci de optimizarea metodelor şi formelor de organizare utilizate de cadrele didactice.

LEGĂTURA METALICĂ

Şef de lucrări dr. *MIHAI CIOPEC**, Ploieşti

Proprietăţile fizice, în special conductivitatea electrică şi termică mare a metalelor, sînt specifice şi în general atribuite electronilor metalelor care prezintă un grad maxim de delocalizare, adică acelor electroni care aparţin tuturor atomilor foarte numeroşi ai cristalului. Datorită specificităţii proprietăţilor fizice şi chimice ale metalelor, concepţia asupra legăturii chimice în metale a evoluat diferit dar în paralel cu evoluţia concepţiilor generale despre legătura chimică.

Evoluţia diferită a fost generată de faptul că manifestările legate de proprietăţile specifice metalelor (conductivitate electrică şi termică), maleabilitate, ductilitate, rezistenţă mecanică, etc.) nu au putut fi explicate prin formarea unor legături de tip ionic sau covalent.

În primul rînd, nu pot apărea legături ionice între atomii metalici de acelaşi tip deoarece aceştia sînt incapabili să formeze simultan ioni pozitivi şi ioni negativi. De asemenea, ţinînd seama că structura metalelor este cristalină, reţelele formate fiind compacte, fiecare atom fiind înconjurat de alţi 8 sau 12 atomi, formarea unui număr atît de mare de legături covalente obişnuite, localizate între cîte doi atomi, nu poate fi concepută. De aceea s-a acceptat apariţia unui alt tip de legătură, numită metalică, asupra naturii căreia s-au emis diferite teorii care fiecare, în parte, explică o serie de proprietăţi comune metalelor, fără a epuiza toate aspectele.

Prima teorie asupra legăturii metalice, de natură precuantică, a fost dată de H. Drude (1900) şi completată de H. Lorenz (1916) şi este cunoscută sub deumirea de teoria „gazului de electroni". Ea fost urmată de teorii cuantice asupra stării metalice, elaborate pe baza lucrărilor lui. A. Sommerfeld, F. Bloch, E. Fermi, E. Pauli, R. Brillouin, L. Pauling. La baza acestor teorii se află concepţia cuantică asupra formării legăturii metalice prin formarea de orbitali moleculari. Calculul funcţiei de undă ce defineşte orbitalii moleculari metalici foloseşte atît metoda combinării lineare a orbitalilor atomici, ceea ce a dus la apariţia teoriei benzilor energetice a stării metalice, cît şi metoda legăturilor de valenţă care a dus la apariţia teoriei lui Pauling asupra legăturii metalice.

* Institutul de petrol şi gaze

Scanned with OKEN Scanner

Ne propunem în continuare, prezentarea critică a teoriilor menționate, însoțită de exemplificări ce sprijină una din teorii în detrimentul celorlalte.

Teoria gazului de electroni

Teoria precuantică a gazului de electroni consideră că electronii de valență ai atomilor de metal formează un gaz mobil, un gaz de electroni, care difuzează prin rețeaua cristalină a metalului ale cărei noduri sînt formate din „resturile" de atomi, respectiv din ionii pozitivi. Interacțiunea dintre ionii pozitivi din nodurile rețelei și gazul electronic ar constitui legătura metalică. Această legătură nu este dirijată, forțele de legătură manifestîndu-se în toate direcțiile.

Modelul gazului de electroni a permis explicarea calitativă a unor proprietăți caracteristice metalelor. Astfel, prezența ionilor pozitivi în cristalul metalic determină densitatea, duritatea, maleabilitatea, tenacitatea, reactivitatea chimică a metalului. Prezența electronilor liberi, mobili, determină luciul metalic, opacitatea, conductivitatea electrică și termică, etc.

În cristalul de metal nu există cîmp electric deoarece electronii mobili („liberi") se mișcă în toate direcțiile. Însă, la apariția unui cîmp electric, electronii ca particule încărcate negativ se deplasează dirijat, în sens invers cîmpului, compensînd diferența de potențial rezultată prin aplicarea unei forțe electromotoare la capetele unui conductor metalic. Modelul gazului de electroni poate explica și faptul că transportul curentului electric prin metale nu este legat de un transport de masă ca în cazul electroliților. Electronii mobili nu părăsesc rețeaua metalică datorită barierei de potențial ce înconjoară această rețea și care respinge electronii ce ajung la suprafața metalului compact. Ei pot părăsi însă metalul, cînd se aplică un potențial mare; așa se explică formarea razelor catodice.

Existența electronilor mobili în metale poate explica și conductivitatea foarte mare a metalelor. Pe baza concepției gazului de electroni, Drude (1902) a dedus teoretic legea Wiedermann-Franz și a dat o explicație calitativă pentru fenomenele termoelectrice. Legea Wiedermann-Franz (1853) stabilește o corelație între cele două caracteristici importante ale metalelor: raportul dintre conductivitatea termică și electrică este constant pentru toate metalele.

Modelul gazului de electroni este însă în contradicție cu unele observații experimentale; în mod special se remarcă incapacitatea acestei teorii de a explica valorile capacităților calorice ale metalelor și a modului de variație a acestora cu temperatura.

Conform legii (empirice) a lui Dulong și Petit, căldura atomică pentru solide este egală cu $3R$ ($R = 1{,}987$ calorii/atom gram. grad sau $R = 3{,}309$ J/atom gram.grad), adică aproximativ 25 J/atom gram.grad (≈ 6 calorii/atom gram.grad). Această valoare a fost verificată experimental atît pentru materiale conductoare (metale) cît și pentru materiale izolatoare. Dacă electronii mobili din metale s-ar comporta ca un gaz monoatomic, atunci conform teoriei cinetice a gazelor, ei ar trebui să contribuie la căldura atomică a metalului cu $\frac{3}{2}R$ (cîte $\frac{1}{2}R$ pentru fiecare

direcție a spațiului). În felul acesta, la aportul rețelei care este $3R$ trebuie să se adauge și aportul gazului de electroni la capacitatea calorică, astfel încît căldura atomică a metalului ar trebui să fie $\frac{9}{2}R$ (și nu $3R$ așa cum prevede teoria lui Dulong și Petit și cum se constată experimental). De aici rezultă că electronii, sau mai precis, gazul electronic nu trebuie luat în considerare la calculul căldurii atomice a metalelor, adică nu contribuie la aceasta ceea ce vine în contradicție cu teoria lui Drude și Lorenz. În plus, teoria gazului de electroni nu dă nici o indicație cu privire la natura și caracterul forțelor interatomice de legătură dintr-un metal.

Acestea au dus la abandonarea concepției precuantice a gazului de electroni în favoarea concepțiilor cuantice aplicate stării metalice.

Teoria benzilor energetice

Această teorie a apărut ca urmare a aplicării teoriei orbitalilor moleculari — aproximația combinării liniare a orbitalilor atomici, la metale. Concepția de bază a teoriei benzilor energetice constă în aceea că există o diferență între distribuția electronilor într-un atom izolat al unui metal și cea a electronilor în cristalul de metal (metalul compact).

După cum se știe, atomii izolați de metal între care nu se produc interacții, au nivele energetice nete, ocuparea cu electroni a orbitalilor atomici făcîndu-se în ordinea crescîndă a energiilor lor și conform principiului excluziunii a lui Pauli și regulii lui Hund.

Metalul compact conține însă atomii apropiați între ei astfel încît poate fi considerat drept o moleculă uriașă formată din atomi de același tip, echivalenți. De exemplu, din doi orbitali atomici echivalenți φ_a și φ_b proveniți de la atomii a și b, se pot forma doi orbitali moleculari, prin combinarea liniară a orbitalilor atomici:

$$\psi_+ = C_1\varphi_a + C_2\varphi_b$$

$$\psi_- = C_1\varphi_a - C_2\varphi_b$$

Deoarece distribuția densității norului electronic demonstrează că pentru orbitalul molecular ψ_+ apare o creștere a acesteia între cei doi atomi, orbitalul respectiv va fi liant, orbitalul ψ_- fiind antiliant deoarece generează o micșorare (pînă la anulare) a densității norului electronic între nucleele atomilor a și b (figura 1). Pe măsură ce numărul de atomi crește, va crește și numărul de orbitali moleculari formați din orbitalii atomici echivalenți concomitent se micșorează diferența de energie dintre orbitalul molecular de legătură și cel de antilegătură. La un număr foarte mare de atomi, cazul metalului compact, rezultă orbitali moleculari delocalizați, extinși peste întreg cristalul. Astfel, din N orbitali atomici de același tip rezultă N orbitali moleculari delocalizați, diferențiați ca energie, diferențele fiind foarte mici, mai precis, de ordinul a 10^{-22} eV.

Totalitatea nivelelor de energie care se găsesc într-o succesiune foarte strînsă, formează o bandă de energie (zonă Brillouin), ca în figura 2.

Scanned with OKEN Scanner

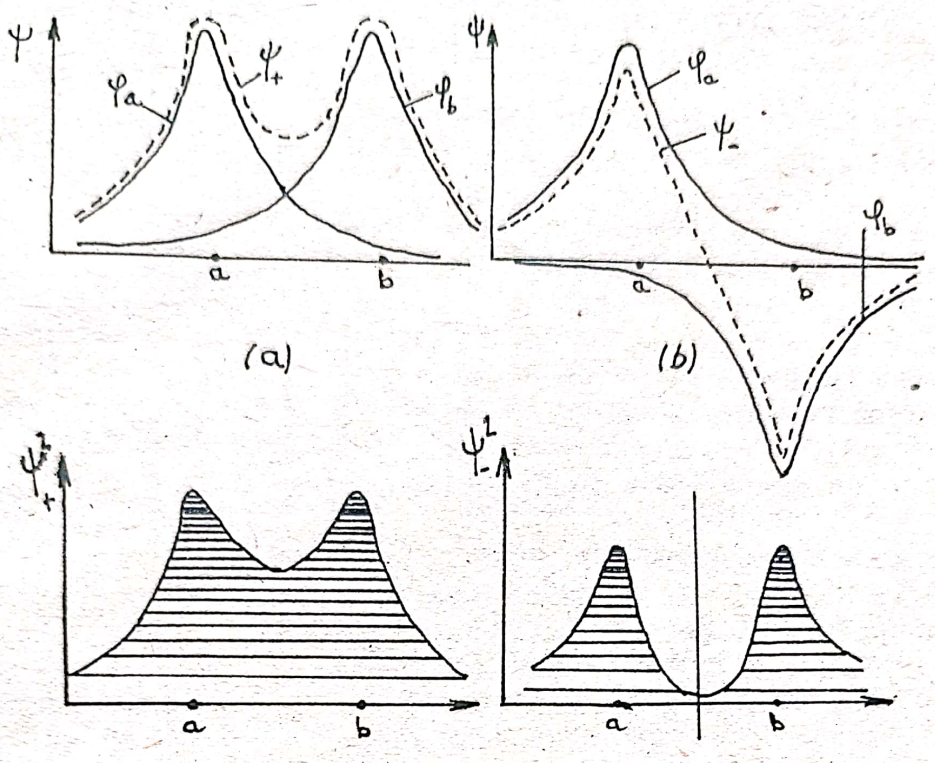


Figura 1. Suprapunerea a două funcții de undă 1s. a) Amplitudini de același semn; se formează un orbital molecular de legătură (liant); b) amplitudini de sens contrar; se formează un orbital molecular de antilegătură (antiliant).

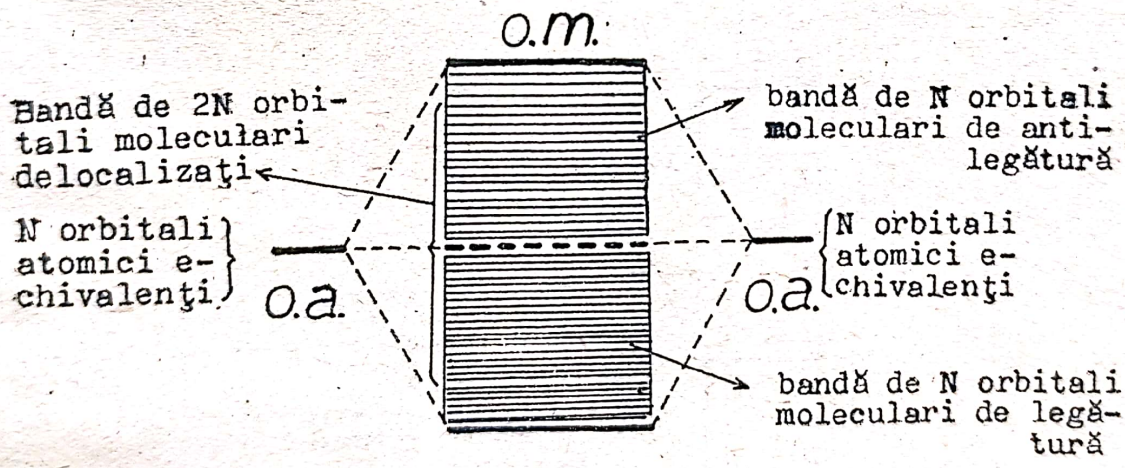


Figura 2. Formarea benzilor energetice în metal; benzile energetice sînt constituite din zone în care există o succesiune strînsă (energetic) de orbitali moleculari lianți și antilianți delocalizați pe un număr mare de atomi.

Prin urmare, în timp ce într-un atom izolat starea unui electron (cu excepția spinului) este caracterizată prin trei numere cuantice, în cristalul metalic fiecare stare cuantică a electronilor atomului izolat este înlocuită cu o bandă de stări electronice. Conform principiului lui Pauli, o bandă de energie formată din N nivele conține maximum 2N electroni (un strat electronic din atom conține $2(2l + 1)$ electroni).

Lățimea unei benzi depinde de măsura în care are loc întrepătrunderea orbitalilor atomici; aceasta variază proporțional cu distanța față

de nuclee. În apropierea nucleelor întrepătrunderea este mică; cu cît ne depărtăm de nuclee, orbitalii fiind mai bogaţi în energie şi mai extinşi în spaţiu, întrepătrunderea este mai accentuată, deci lăţimea benzilor creşte. Între benzile permise ale căror energii corespund stărilor posibile ale electronilor în metal, se găsesc domenii de energie în care nu se pot afla electronii; ele se numesc benzi interzise. În figura 3 se exemplifică cazul sodiului.

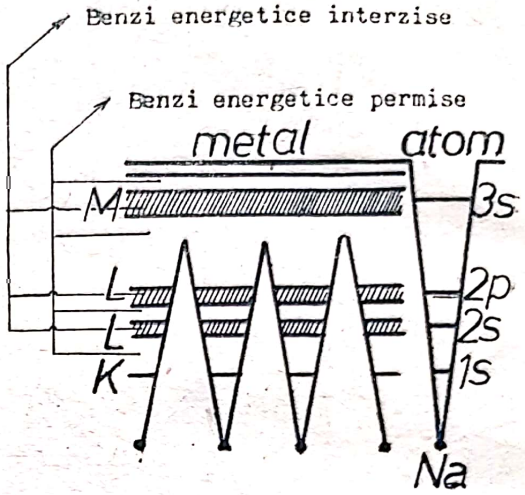


Figura 3. Nivelele de energie într-un atom izolat de sodiu şi în sodiu metalic: formarea benzilor permise şi a benzilor interzise.

Pentru electronii exteriori (de valenţă) întrepătrunderea dintre orbitalii atomici este atît de mare încît singurul electron de valenţă (3s) ocupă unul din nivelele permise din banda 3s corespunzătoare. Deoarece conform principiului lui Pauli orbitalii moleculari 3s formaţi sînt ocupaţi de cîte doi electroni 3s, înseamnă că la 0 K, din cei 2N orbitali moleculari 3s formaţi numai jumătate din ei, de energia cea mai joasă, adică N, sînt ocupaţi cu electroni. Deci banda de energie 3s, adică banda permisă formată de cei 2N orbitali moleculari formaţi, este ocupată pe jumătate. Ea se întrepătrunde cu banda 3p neocupată de energie apropiată (figura 4).

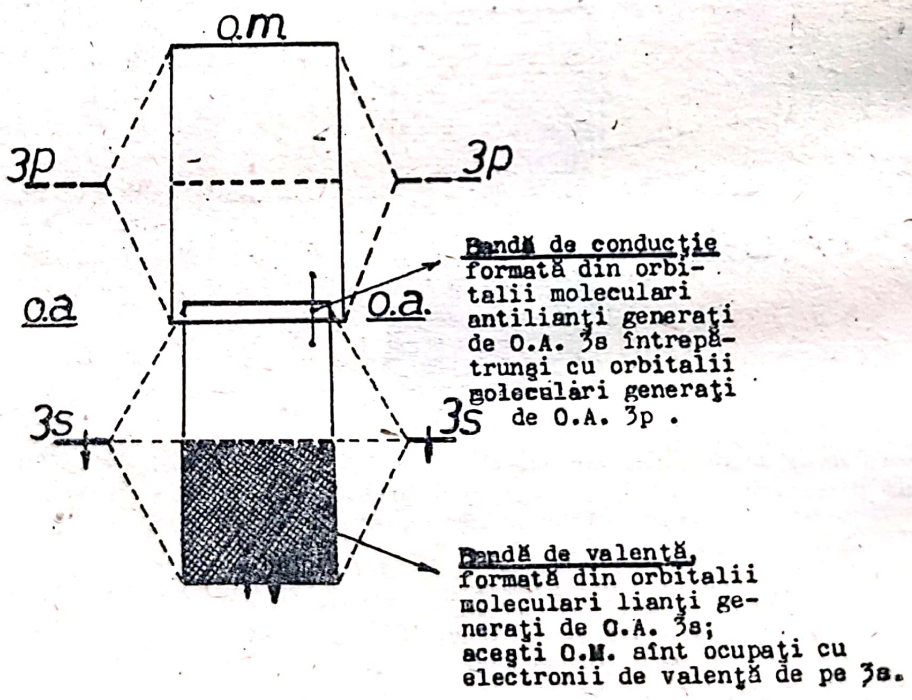


Figura 4. Formarea benzii de valenţă şi a benzii de conducţie pentru sodiu metalic. Banda de valenţă este ocupată în totalitate cu electronii de valenţă ai sodiului, cuplaţi datorită spinului opus, pe orbitalii moleculari lianţi proveniţi din întrepătrunderea orbitalilor atomici 3s.

La aplicarea unui cîmp electric exterior, în benzile din interiorul atomilor de metal — în cazul sodiului : 1s, 2s, 2p — nu se poate produce o deplasare de electroni, neexistînd deci nivelele libere. Spre deosebire de această situaţie, în banda 3s, de energia cea mai înaltă, în care nivelele sînt pe jumătate ocupate există posibilitatea unei deplasări de electroni spre nivelele neocupate. Banda de energie corespunzătoare electronilor de valenţă se numeşte bandă de valenţă sau de legătură. Banda formată din O.M. de antilegătură se numeşte bandă de conducţie.

În principiu, la trecerea curentului, adică la aplicarea unui cîmp electric, electronii sînt trecuţi din banda de valenţă în cea de conducţie în care se mişcă nestingheriţi. Ridicarea temperaturii avînd acelaşi efect, adică promovînd electronii din banda de valenţă în banda de conducţie, va împiedica mişcarea nestingherită a acestora în banda de conducţie ceea ce are ca efect micşorarea conductibilităţii electrice a metalelor la creşterea temperaturii.

La magneziu, metal bivalent cu structura electronică $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ vor exista doi electroni în stratul exterior al atomului ; banda va fi complet ocupată cu electroni. Faptul că magneziul este un conductor electric şi termic se datoreşte întrepătrunderii benzii 3s cu banda 3p, datorită energiilor lor apropiate (figura 5). În modul acesta, la dispoziţia electronilor stau un număr de nivele energetice neocupate pe care aceştia pot fi promovaţi. Acest număr de electroni este mai mic decît în cazul metalelor monovalente din care cauză metalele bivalente sînt conductoare mai slabe decît metalele monovalente.

În cazul metalelor tranziţionale, să considerăm pentru exemplifi care metalele tranziţionale din perioada a 4-a, diferenţa energetică dintre banda de valenţă 4s şi banda 3d fiind foarte mică, are loc o întrepătrundere a acestor benzi care se găsesc în succesiunea 3d, 4s. În cazul cuprului metalic, datorită acestei întrepătrunderi, la conducţie participă în primul rînd electronii 4s şi apoi cei 3d, într-o măsură mult mai mică.

Datorită structurii speciale a metalelor, extragerea electronilor din metalul compact necesită mai puţină energie decît extragerea electronilor din atomii izolaţi. Astfel, la K metalic energia de extragere a unui

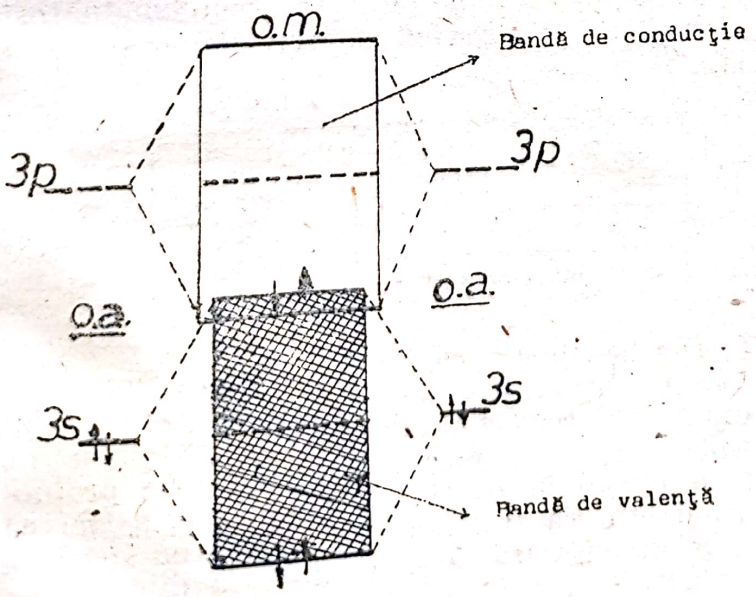


Figura 5. Formarea benzii de valenţă şi a benzii de conducţie în cazul magneziului. Datorită numărului de electroni de valenţă întreaga bandă de O.M. generaţi de O.A. 3s este ocupată. Banda de conducţie apare datorită întrepătrunderii benzii de O.M. proveniţi din orbitalii atomici 3p cu banda de O.M. provenită din orbitalii atomici 3s.

Scanned with OKEN Scanner

electron este de 2,1 eV pe cînd energia de ionizare este de 4,3 eV ; la Cu energia de ionizare este de 7,7 eV iar cea de extragere a unui electron din masa de metal este de 4,3 eV.

Modelul benzilor energetice permite explicarea conductibilității electrice diferențiate la substanțele semiconductoare și la cele izolatoare. Spre deosebire de conductorii metalici în care banda de valență și banda

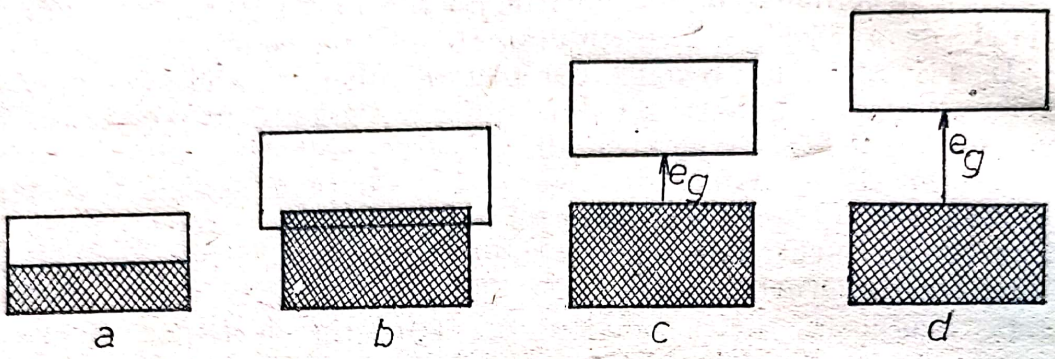


Figura 6. Benzile de valență și de conducție în : a) mtale de tipul sodiului ; b) metale de tipul magneziului ; c) semiconductori ; d) izolatori.

de conducție sînt alăturate, în izolatori și semiconductori, banda de valență — ocupată complet — este distanțată de banda de conducție — vacantă — printr-o zonă interzisă a cărei lățime reprezintă diferența de energie E_g între marginea superioară a benzii de valență și marginea inferioară a benzii de conducție (figura 6).

Zona interzisă apare ca urmare a unei puternice localizări a electronilor ; la metale trecerea electronilor din banda de valență în cea de conducție se face direct, fără consum de energie ; la semiconductori și izolatori asemenea treceri necesită o energie cu atît mai mare cu cît lățimea zonei interzise este mai mare. În acest sens (calitativ) nu există deosebire principială între un semiconductor și un izolator ; deosebirea este numai, cantitativă și provine din lățimea benzii interzise.

Se constată a fi izolatoare substanțele la care, în condiții normale zona interzisă corespunde unei lățimi mai mari de 5 eV. Semiconductorii au zona interzisă mai îngustă de 5 eV. Astfel, pentru elementele din grupa 4-a, valorile lui E_g sînt :

Elementul	C (diamant)	Si	Ge	Sn (cenușiu)	Pb
Eg	6,0 izolator	1,10	0,70	0,08	0 conductor metalic
		semiconductori			

Principalul succes al teoriei benzilor energetice a constat în posibilitatea explicării pe baza ei, a conductibilității mari a metalelor și a variației acesteia cu temperatura ; scăderea conductibilității metalelor cu creșterea temperaturii se explică, așa cum s-a mai precizat, prin promovarea unui mare număr de electroni în banda de conducție, astfel că mișcarea lor în banda de conducție va fi stînjenită ; odată cu mărirea temperaturii acest fenomen se accentuiază ceea ce duce la diminuarea

Scanned with OKEN Scanner

conductibilității electrice. La semiconductori, conductibilitatea crește odată cu creșterea temperaturii deoarece în acest caz numai acțiunea cîmpului electric nu este suficientă pentru a promova electroni din banda de valență în banda de conducție.

Numai cu aportul temperaturii, o fracțiune de electroni vor dobîndi energia necesară depășirii barierei dintre banda de valență și cea de conducție. Deci creșterea temperaturii va genera promovarea electronilor în banda de conducție, astfel încît în momentul aplicării unui potențial, curentul va circula cu atît mai intens cu cît temperatura va fi mai mare.

Teoria benzilor energetice nu a putut explica cu același succes proprietățile mecanice tipice metalelor (rezistență, maleabilitate, ductilitate, ș.a.). Pentru explicarea acestora trebuie să apelăm la rezultatele obținute de teoria lui Pauling care are la bază metoda legăturilor de valență.

Explicarea legăturii metalice prin metoda legăturilor de valență.

Pentru explicarea legăturii metalice Pauling a ținut seama că în rețeaua cristalină a metalelor fiecare atom este înconjurat în imediata vecinătate de un număr de alți atomi de metal care depășește numărul electronilor de valență ; legătura metalică ar fi în concepția lui Pauling o covalență care nu este localizată într-o anumită direcție, ci există structuri de rezonanță între mai multe structuri limită. Considerînd aceste structuri limită posibile, Pauling construiește funcții de undă moleculare care sînt combinații liniare ale funcțiilor de undă de tip produs caracteristice structurilor limită.

Pentru atomul de hidrogen, pentru exemplificare, teoria lui Pauling prevede următoarele structuri limită (figura 7), pentru care funcțiile de undă moleculare sînt de forma :

— pentru structura limită I,

$$\psi_I = \varphi_a^1 \cdot \varphi_b^2$$

— pentru structura limită II,

$$\psi_{II} = \varphi_a^2 \cdot \varphi_b^1$$

— pentru structura limită III,

$$\psi_{III} = \varphi_a^1 \cdot \varphi_a^2$$

— pentru structura limită IV,

$$\psi_{IV} = \varphi_b^1 \cdot \varphi_b^2$$

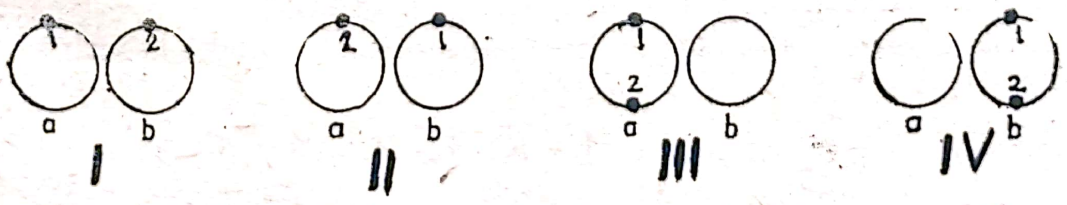


Figura 7. Structurile limită ce pot apare la formarea moleculei de hidrogen.

Scanned with OKEN Scanner

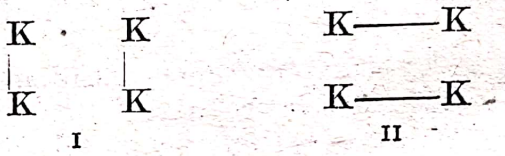
Considerînd că pentru molecula de hidrogen fiecare din structurile limită propuse au o anumită pondere, funcţia de undă va fi de forma :

$$\psi = C_1\psi_I + C_2\psi_{II} + C_3\psi_{III} + C_4\psi_{IV}$$

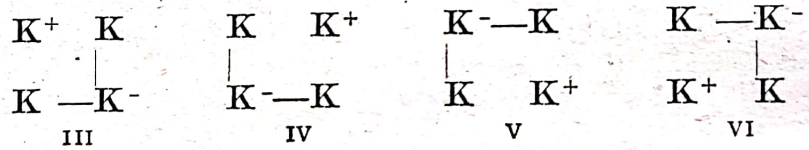
Ţinînd cont de caracterul chimic al moleculei de hidrogen se poate considera că structurile covalente sînt preponderente, deci,

$$C_1 = C_2 \gg C_3 = C_4$$

Dacă luăm ca exemplu potasiul, se poate arăta că fiecare atom de K avînd un singur electron de valenţă, poate forma o singură covalenţă simplă cu un alt atom de potasiu vecin. Pentru atomii de potasiu aşezaţi într-un pătrar, putem figura următoarele structuri de valenţă :



Rezonanţa între aceste două structuri ar stabiliza metalul în raport cu un cristal din molecule K_2, fiecare cu o legătură covalentă fixă. Această rezonanţă este denumită „sincronizată". Există şi alte structuri care pot fi luate în considerare ; aceste structuri presupun trecerea unui electron de la un atom la altul, generînd o rezonanţă numită „nesincronizată" :

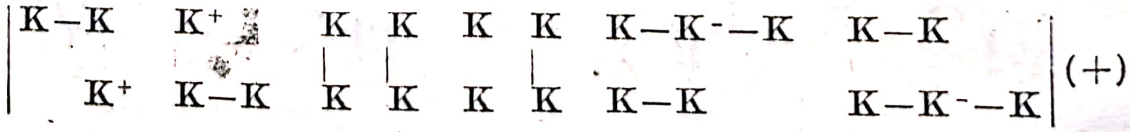


Rezonanţa între toate cele şase structuri duce la o mai mare stabilitate decît rezonanţa care ar avea loc numai între structurile I şi II. Mai mult, această „rezonanţă nesincronizată" furnizează o explicaţie simplă a proprietăţilor caracteristice metalelor — marea conductibilitate electrică şi coeficientul de temperatură negativ al conductibilităţii electrice.

Să considerăm un şir de atomi de potasiu care pot face parte din structurile limită figurate :

$$K{-}K \quad K{-}K \quad K^+\,K{-}K^-{-}K \quad K{-}K \quad K{-}K.$$

În prezenţa unui cîmp electric produs de un catod în partea stîngă şi de un anod în partea dreaptă, legăturile vor tinde să se schimbe în aşa fel încît să deplaseze sarcina electrică pozitivă către catod şi sarcina negativă către anod :



Rezonanța nesincronizată a legăturilor corespunde transferului de sarcină electrică (transferului de electroni) ceea ce conduce la o înaltă conductibilitate electrică. Această conductibilitate este caracteristică metalului și prin urmare are loc mai ușor la temperatură foarte joasă cînd atomii sînt așezați ordonat în cristal. La temperatură mai înaltă, agitația termică a atomilor creează o oarecare dezordine în aranjamentul lor, proces care interferă cu rezonanța legăturilor și prin urmare produce o descreștere a conductibilității (coeficient negativ de variație a conductibilității cu temperatura). În structura cu legături de valență un atom de K^+ potasiu a primit un al doilea electron de valență devenind K | K ceea ce îi permite să formeze două legături covalente în loc de una singură. De aceea, la acest atom se folosesc doi orbitali de legătură, cu unul mai mult decît în atomii neutrii (monovalenți). Acest orbital suplimentar, numit orbital metalic, este necesar pentru a permite rezonanța nesincronizată a legăturii de valență caracteristică metalelor; orbitalul metalic, un orbital suplimentar neocupat de un electron sau de o pereche de electroni în atomul neutru, constituie o proprietate caracteristică metalelor.

Potasiul are în mod natural nouă orbitali stabili în stratul lui exterior; un orbital 4s, trei orbitali 4p și cinci orbitali 3d. Un singur orbital, și anume un orbital hibrid spd, este folosit ca orbital de legătură de către atomul monovalent; ceilalți sînt disponibili să servească drept orbitali metalici; prin urmare potasiul este un metal. Pe de altă parte, la diamant, cei patru orbitali stabili din stratul de valență (orbitali orientați tetraedric datorită formării lor prin hibridizarea orbitalului 2s cu cei trei orbitali 2p) sînt ocupați cu electroni de legătură; nu există nici un orbital liber care ar putea servi ca orbital metalic, prin urmare diamantul nu este un metal.

Valența metalică

Pentru metalele netranziționale cum ar fi K, Ca, Mg, Na din grupele I A și II A, precum și pentru metalele tranziționale din grupele III B, IV B, V B și VI B, proprietățile fizice arată că toți electronii din afara stratului gazului inert care îi precede în sistemul periodic al elementelor, sînt utilizați pentru formarea legăturilor astfel încît valențele metalice ale acestora coincide cu numărul grupei. De exemplu, în perioada a 4-a, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr folosesc toți electronii din afara stratului argonului ($1s^2$) ($2s^22p^6$)($3s^23p^6$), astfel încît valențele lor metalice sînt 1, 2, 3, 4, 5 și respectiv 6.

La elementele tranziționale există nouă orbitali stabili (unul 4s, trei 4p și cinci 3d) și, împreună cu orbitalul necesar ca orbital metalic, este de așteptat ca valența metalică să crească și să atingă valoarea 7 pentru Mn și 8 pentru Fe. Cu toate acestea, proprietățile fizice și mecanice ale metalelor din grupele VII B și VIII B arată că valența metalică rămîne la valoarea maximă 6 pentru Mn, Fe, Co și Ni și apoi începe să scadă de la cupru. Valoarea maximă 6 corespunde numărului de orbitali de legătură convenabili care se pot forma prin hibridizarea orbitalilor s, p și d. Descreșterea valenței metalice începînd de la Cu se datorește nu-

Scanned with OKEN Scanner

mărului limitat de orbitali implicaţi în legătura metalică, aşa cum dovedeşte cazul Sn. pe care ne propunem să-l prezentăm în continuare.

Staniul, elementul cu numărul de ordine (atomic) 50 are 14 electroni în afara stratului Kr (2, 8, 18, 8) şi nouă orbitali stabili (5 orbitali 4d care sînt mai stabili decît cei 5s şi 5p, sînt ocupaţi de cinci perechi de electroni neparticipanţi). Restul de patru electroni pot ocupa separat cei patru orbitali tetraedrici $5s\,5p^3$ şi pot fi folosiţi pentru formarea a patru legături orientate tetraedric. De fapt, staniul cenuşiu — una din cele două forme alotropice ale elementului — are structura diamantului. Atomii de staniu din staniul cenuşiu sînt tetravalenţi, ca şi atomii de carbon din diamant; ei nu posedă niciun orbital metalic şi deci staniul cenuşiu nu este un metal; el se comportă ca un nemetal (figura 8).

Dacă atomul de staniu ar rezerva unul din orbitalii săi pentru a fi folosit ca orbital metalic, el ar trebui să fie bivalent şi nu tetravalent. Starea alotropică obişnuită a staniului,staniul alb, are proprietăţi metalice. Lungimile legăturilor din reţeaua metalică a staniului alb arată că valenţa metalică a staniului în această formă este aproximativ 2,5. Să încercăm să explicăm această valoare fracţionară. În acest scop va trebui să discutăm întîi despre corelaţia proprietăţilor magnetice ale metalelor de valenţa lor metalică.

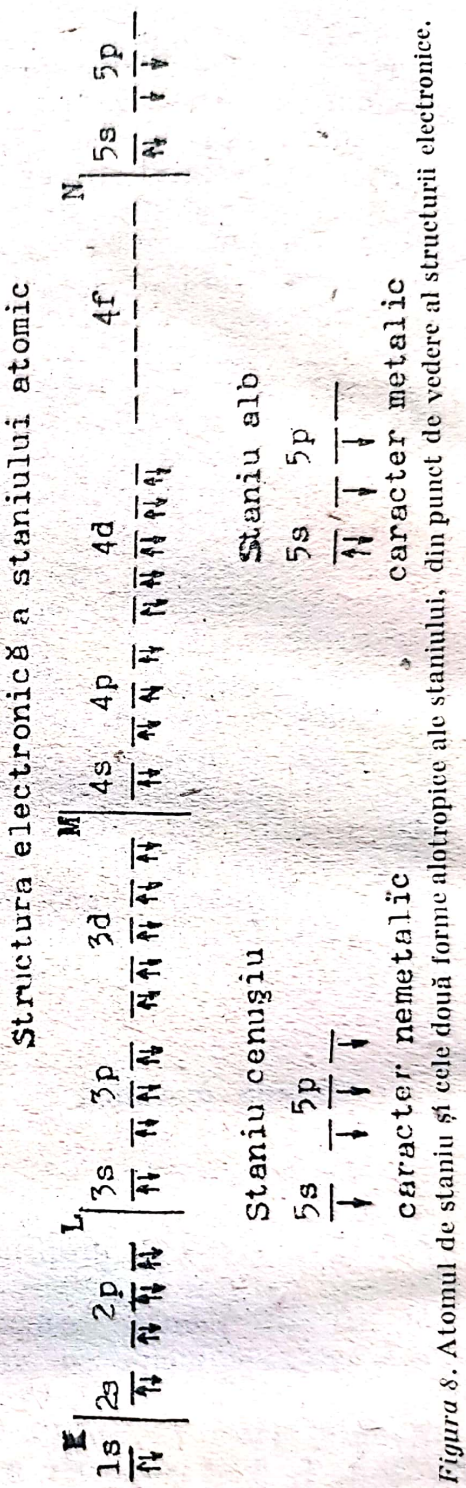


Figura 8. Atomul de staniu şi cele două forme alotropice ale staniului, din punct de vedere al structurii electronice.

Corelarea proprietăţilor magnetice ale metalelor de valenţă lor metalică.

Se constată experimental că fierul, cobaltul şi nichelul sînt metale feromagnetice. Fermagnetismul fierului corespunde la 2,2 electroni cu spinii neîmperechiaţi per atom. Aliajele de fier cu o cantitate mai mică de cobalt sînt mult mai puternic. feromagnetice decît fierul pur. Feromagnetismul creşte pînă la o valoare corespunzătoare la 2,28 electroni neparticipanţi după care scade la o valoare corespunzătoare la 1,7 electroni neîmperechiaţi pentru cobaltul pur. figura 9).

Feromagnetismul maxim al aliajului ce conţine 72% fier şi 28% cobalt poate fi interpretat în felul următor : atomii din acest aliaj pot fi

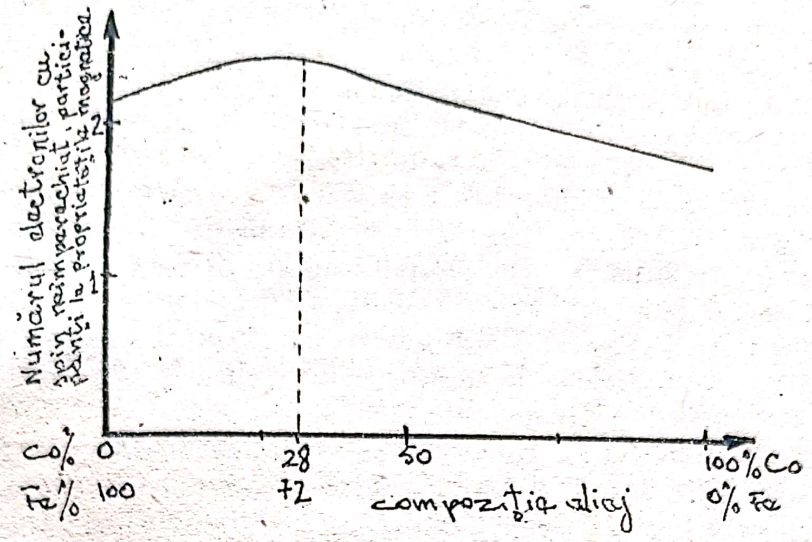


Figura 9. Variația proprietăților magnetice ale aliajului Fe—Co în funcție de compoziție.

considerați ca avînd numărul atomic mediu $\bar{Z}$:

$$\bar{Z}_{\text{aliaj}} = 0{,}72\, Z_{\text{Fe}} + 0{,}28\, Z_{\text{Co}} = 0{,}72 \times 26 + 0{,}28 \times 27 =$$

$$= 18{,}72 + 7{,}56 = 26{,}28$$

Electronii care ar putea participa la formarea legăturilor metalice se vor afla în afara stratului electronic al gazului inert anterior și ei vor fi în număr de $\bar{Z}_{\text{aliaj}} = -Z_{\text{argon}} = 26{,}28 - 18 = 8{,}28$. Acești electroni pot ocupa 9 orbitali : cei cinci orbitali 3d, orbitalul 4s și trei orbitali 4p. Deci cei 9 orbitali ar putea fi ocupați în totalitate cu electroni (șase pentru formarea legăturilor metalice și restul contribuind la proprietățile magnetice), numărul electronilor neîmperecheați s-ar putea să crească pentru conținuturi de cobalt mai mari de 28%, atingînd valoarea maximă la cobaltul pur care are nouă electroni în afara stratului argonului. Faptul că feromagnetismul maxim este atins la 28% Co (8,28 electroni în afara stratului argonului) arată că numai 8,28 din cei 9 orbitali pot fi ocupați. Restul de 0,72 orbitali din fiecare atom metalic vor fi liberi și joacă rol de orbitali metalici. Se poate trage concluzia că din cei 8,28 electroni existenți în afara stratului argonului, 6 sînt folosiți pentru valențele metalice iar 2,28 rămîn neîmperechiați pe cei 2,28 orbitali aflați la dispoziție, conferind aliajului proprietăți magnetice.

Un alt exemplu îl reprezintă aliajul Ni—Cu. Feromagnetismul acestor aliaje descrește de la valoarea corespunzătoare la 0,6 electroni neîmperechiați pentru Ni pur, pînă la valoarea corespunzătoare la 0 electroni neîmperechiați pentru aliajul 37,44% Ni + 62,56% Cu. Să încercăm să explicăm acest fenomen. Pentru aceasta vom calcula în primul rînd :

$$\bar{Z}_{\text{aliaj}} = 0{,}3744\ Z_{\text{Ni}} + 0{,}6256\ Z_{\text{Cu}} =$$

$$= 0{,}44 \times 28 + 0{,}56 \times 29 = 28{,}56.$$

Scanned with OKEN Scanner

Numărul de electroni care participă la valența metalică și proprietăți magnetice va fi $\bar{Z}_{aliaj.} - Z_{argon} = 28{,}56 - 18 = 10{,}56$. Din aceștia, 6 sînt implicați în formarea legăturilor metalice și ocupă 6 orbitali (valența metalică = 6) iar restul de 4,56 trebuie așezați respectînd regulile știute, pe cei 8,28 — 6 = 2,28 orbitali rămași liberi. În acest caz introducînd cîte doi electroni în fiecare orbital rămas liber, respectînd principiul lui Hundt, obținem $2 \times 2{,}28 = 4{,}56$. Deci numărul electronilor neîmperechiați care vor participa la proprietățile magnetice va fi 4,56 — 4,56 = 0. Deci aliajul ce conține 37,44% Ni și 62,56% Cu nu prezintă proprietăți magnetice pentru că din cei 10,56 electroni din afara stratului argonului, 6 sînt folosiți pentru valențele metalice iar ceilalți 4,56 sînt împerechiați pe cei 2,28 orbitali rămași liberi.

Revenind la valoarea fracționară a valenței metalice a Sn alb (2,5), ea poate fi explicată pornind tocmai de la numărul fracționar de orbitali metalici pe care îi posedă fiecare atom de metal — 0,72. Această valoare sugerează că metalul va conține 28% ioni M^- și implicit, pentru menținerea neutralității electrice va conține și 28% ioni M^+ care asigură formarea structurilor de rezonanță nesincronizate. Restul de 44% vor fi atomi M. Ionii M^- apar în proporție de 28% (1 — 0,28 = 0,72 sau mai exact (1 — 0,72) × 100 = 28%) deoarece pentru formarea lor nu este nevoie de orbital metalic pentru că ei nu mai pot primi un al doilea electron cînd ar deveni M^{--}, adică ar fi instabili (conform principiului neutralității). În consecință structura staniului alb și numărul electronilor care contribuie la valența metalică, poate fi reprezentată astfel:

		Contribuția la valența metalică
28% Sn^+	$\underline{5s} - \underline{5p}$ — 1 orbital metalic $\overline{\downarrow} \; \downarrow \; \downarrow$	
	3 electroni de valență	$3 \times 0{,}28 = 0{,}84$
44% Sn	$\underline{5s} - \underline{5p}$ — 1 orbital metalic $\overline{\uparrow\downarrow} \; \downarrow \; \downarrow \; \downarrow$	
	2 electroni de valență	$2 \times 0{,}44 = 0{,}88$
28% Sn	$\underline{5s} - \underline{5p}$ — 0 orbitali metalici $\overline{\uparrow\downarrow} \; \downarrow \; \overline{\downarrow} \; \downarrow$	
	3 electroni de valență	$3 \times 0{,}28 = 0{,}84$
	Valența metalică a staniului =	2,56

Folosind un model similar de calcul, se obțin următoarele valori pentru valența metalică a elementelor din perioada a 4-a care posedă valori fracționare pentru această caracteristică:

Cu	Zn	Ga	Ge	As
5,56	4,56	3,56	2,56	0,56

Cuprul, zincul și galiul sînt metale cu proprietăți corespunzătoare acestor valori ale valenței metalice. Germaniul, la presiune obișnuită, este un nemetal, avînd structura diamantului și valența 4. La presiune ridicată se transformă într-o formă cu conductibilitate electrică și cu o densitate mult crescute, corespunzătoare staniului alb și valenței metalice 2,56.

Scanned with OKEN Scanner

Deci noţiunea de valenţă introdusă de L. Pauling pentru explicarea stării metalice, are semnificaţia numărului de electroni care participă la formarea legăturilor într-un metal. În cazul Cr, Mn, Fe, Co şi Ni, valenţa metalică rămînînd constantă, şi proprietăţile lor fizice şi mecanice se vor modifica foarte puţin de la un metal la altul; toate aceste metale se caracterizează prin densitate şi duritate mare, punct de topire ridicat.

Cel mai mare număr de valenţe metalice şi deci cel mai mare număr de legături metalice îl formează metalele tranziţionale care nu posedă substratul electronic d complet ocupat astfel încît la legăturile metalice participă orbitalii d, s şi p. Din acest motiv metalele tranziţionale din grupele VI B, VII B şi VIII B se caracterizează printr-o coeziune mult mai mare decît a metalelor din grupele I A, II A, III A, IV A, I B şi II B ale căror legături metalice în număr mai mic sînt formate de orbitalii s şi p. Metalele cu număr mare de legături metalice au raze atomice mici, densitate şi duritate mare, temperatură de topire şi de fierbere înalte, volatilitate redusă, rezistenţă mare la rupere şi compresiune, etc.

Cînd orbitalii d sînt complet ocupaţi cu electroni (ca în cazul Cu, Zn, Ag, Cd, Au, Hg) atomii metalelor sînt legaţi printr-un număr redus de legături metalice şi astfel valorile constantelor fizice ale acestor elemente diferă mult de cele ale metalelor ce posedă orbitalii d incomplet ocupaţi.

Faptul că legătura metalică nu este localizată explică legarea simultană a unui atom de un număr mare de atomi în reţeaua cristalină. Întrucît legăturile metalice nu sînt dirijate în spaţiu, atomii adoptă organizările cele mai sărace în energie, care corespund structurilor cristaline complete. Lipsa de orientare a legăturii metalice conferă metalelor plasticitate, maleabilitate, ductilitate.

În încheierea discuţiei referitoare la legătura metalică, se poate concluziona că teoria benzilor energetice explică bine conductibilitatea şi alte proprietăţi electrice şi magnetice. Teoria lui Pauling explică bine proprietăţile fizico-mecanice ale metalelor fiind capabilă să interpreteze mulţumitor atît proprietăţile electrice cît şi proprietăţile magnetice, teoria legăturilor de valenţă nu poate explica însă proprietăţile semiconductoare.

Problema elaborării unei teorii unitare a legăturii metalice, capabilă să explice principalele proprietăţi fizico-mecanice şi chimice ale acestora, rămîne încă o problemă deschisă.

ELECTRODIALIZA — METODA MODERNĂ DE SEPARARE ŞI PURIFICARE

Prof. *SIMONA AIZICOVICI* *, Iaşi

O preocupare de bază a cercetărilor din domeniul chimiei analitice o constituie perfecţionarea diverselor metode folosite în scopul separării substanţelor. Dintre acestea, procedeele cu membrane, deşi studiate de

* Liceul Industrial Nr. 8 „C.U.G."

Scanned with OKEN Scanner

peste un secol au devenit abia în ultimii douăzeci de ani interesante pentru scopuri industriale, datorită faptului că permit separarea de materiale dizolvate unele în altele sau într-un solvent, fără a schimba faza. Spre deosebire de evaporare sau cristalizare, procedeele cu membrane nu necesită energie. Pentru a reduce însă costul total al operațiilor, fluxul prin membrane trebuie să fie destul de mare, putîndu-se astfel permite folosirea rezonabilă de mici suprafețe de membrane. Procedeele de separare prin membrane sînt numeroase dar au unele caracteristici comune. În toate aceste procedee, un fluid conținînd două sau mai multe componente este în contact cu o față a unei membrane (care este mai permeabilă față de una sau mai multe componente decît față de altele), cealaltă față a membranei selective fiind în contact cu un fluid care primește componentele transferate prin membrană. Transferul componentelor se datorește existenței unei forțe de antrenare, care poate fi : diferența transmembranei în concentrație, potențialul electric, sau presiunea hidrostatică. În funcție de această forță procedeele de separare prin membrane se numesc : dializă, electrodializă și respectiv osmoză inversă. Între aceste procedee, un loc important este ocupat de electrodializă, atît prin larga sa aplicabilitate cît și prin economicitatea procesului. Electrodializa a fost propusă în anul 1803 ca metodă de separare a coloizilor liofili. După ce Pauli, în lucrările sale a descris un electrodializor tricameral, metoda a început să se folosească mult în scopuri analitice, preparative și industriale. Membranele folosite în acest timp pot fi considerate neselective. În 1939 Manegold și Kalauck [1] într-un studiu comparativ al proceselor de purificare, au accentuat necesitatea membranelor ioni-selective, pentru a obține o eficiență electrică în procesul electrodializei. În 1940 Meyer și Strauss [2] au propus un aranjament cu mai multe compartimente folosind membrane ioni-selective. Membranele pe bază de colodiu, dezvoltate de Sallner și colaboratorii săi, folosite în studii fundamentale, nu pot fi aplicate industrial în electrodializă din cauza marii lor rezistențe. Juda și Kressman [3] au fost printre primii care au indicat modul de preparare a membranelor ioni-selective avînd o scăzută rezistență electrică, iar Raln și Haas au sintetizat membrane ioni-selective constînd din particule de rășini schimbătoare de ioni încorporate într-o matrice inertă. Din 1952 procesul de electrodializă, și în special aplicarea lui la demineralizarea apelor saline a luat o mare dezvoltare. În acel an, Organizația pentru Cooperare Economică Europeană (O.E.E.C.) a hotărît că demineralizarea apelor reziduale este o problemă de interes internațional. În perioada care a urmat, un mare număr de lucrări s-au ocupat și de alte metode de desalinizare a apelor, alături de electrodializa cu ioni selectivi. S-a acordat o atenție deosebită sintezei materialelor schimbătoare de ioni și confecționării din acestea a unor membrane de dializă.

I Principii teoretice ale electrodializei

Electrodializa este procesul de transport al unui ion printr-o membrană, sub acțiunea unui curent electric continuu. Viteza de transport a ionului este funcție de :

— tensiunea aplicată
— proprietățile specifice ale diafragmei

Scanned with OKEN Scanner

— natura electrolitului care trebuie îndepărtat
— *p*H-ul soluției

Prezența cîmpului electric determină apariția unor reacții la electrozi : producerea alcaliilor la catod și acizilor la anod. În prezență de cloruri, la anod se formează și clorul. Deoarece acești produși influențează procesul propriu-zis, aparatele în care are loc electrodializa (electrodializoarele) au o construcție specială, care permite îndepărtarea acestor substanțe. Fenomenul ce se petrece într-un electrodializor constă din suprapunerea următoarelor procese :

— difuzia liberă a ionilor și transportul lor electric sub acțiunea cîmpului
— eventuala descărcare a ionilor la electrozi
— migrarea particulelor coloide încărcate spre unul din polii cîmpului, respectiv electroforeza lor
— mișcarea lichidului dispersat prin membranele dializante, care sînt încărcate electric (ca și majoritatea diafragmelor poroase), deci electroosmoza mediului.

În electrodializă, interesează doar primul și ultimul din procesele enumerate.

1. **Mecanismul electrodializei** este diferit în funcție de aparatura utilizată. În practica analitică, se folosește electrodializa tricamerală cu membrane ioni-selective și cîteodată cu membrane neselective. Spre exemplu se consideră electrodializa unei saramuri în acopul desalifierii acesteia.

Electrodializa cu membrane neselective

Mecanismul electrodializei cu membrane neselective este prezentat în figura 1.

Cele trei compartimente A, B, C sînt umplute inițial cu soluție de NaCl de aceeași concentrație. La trecerea curentului electric prin

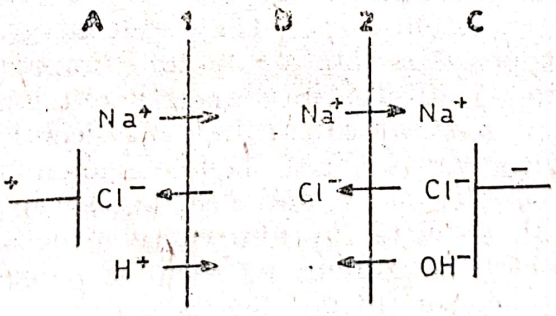


Fig. 1. Electrodializa tricamerală

soluție, o parte din ionii Na^+ trec din compartimentul A în B, un număr egal din B în C. Ionii Cl^- trec simultan în direcție opusă. Datorită reacțiilor de electrod, ionii H^+ și OH^- sînt generați în compartimentele A și C și joacă un rol tot mai mare în procesul de transport prin membrană. Acești ioni se combină în compartimentul B pentru a forma apa (H^+ și $OH^- \rightarrow H_2O$). În acest stadiu viteza de trecere a Na^+ și Cl^- în compartimentul B devine mai mică decît viteza de ieșire, datorită reținerii ionilor

de Cl^- şi Na^+ în compartimentele C şi A. Ca urmare a acestui fapt, conţinutul de NaCl al compartimentului B scade, în timp ce în compartimentul C se obţine NaOH, iar în compartimentul A, HCl şi HClO. Ionii H^+ şi OH^- se combină în compartimentul B, dar aici apare un mic exces de ioni H^+, deoarece protonul este mai maleabil decît ionul OH^- şi, în consecinţă, compartimentul B devine acid. Acesta este un dezavantaj al electrodializei cu trei compartimente care foloseşte membrane neselective, dezavantaj ce poate fi eliminat prin utilizarea membranelor ioni-selective.

Electrodializa cu membrane selective

Dacă în poziţiile 1 şi 2 din figura 2 se utilizează două membrane, una permeabilă pentru anioni şi alta pentru cationi, se îmbunătăţeşte mult eficienţa electrodializoarelor cu trei compartimente.

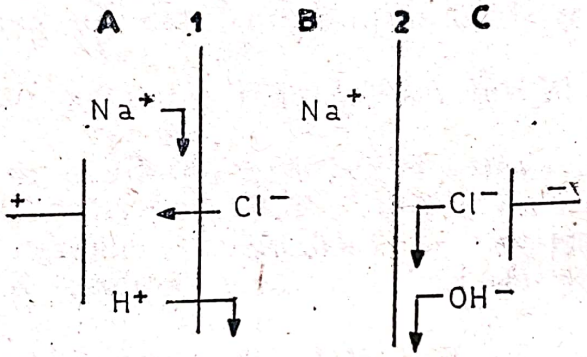


Fig. 2. Mecanismul electrodializei într-un dispozitiv tricameral cu membrane ioni-selective.

În sistemul prezentat (în care membranele sînt considerate ideale), prin membrana 1 trece numai Cl^- iar prin membrana 2 numai Na^+. Principalul avantaj rezidă în aceea că toţi ionii care se deplasează din compartimentul B, nu trebuie neapărat să fie eliminaţi la un electrod, ci pot fi reţinuţi într-un compartiment adiacent, cu concentrat, şi acest compartiment cu concentrat poate fi flancat de un compartiment următor de dializat. Această idee a alternării compartimentelor cu concentrat şi dializat, a avut drept rezultat construirea multicelulelor electrodialitice, care prezintă deosebite avantaje faţă de sistemele cu trei compartimente :

— în aparatul multicelular doi electrozi servesc un mare număr de compartimente, şi, datorită faptului că se utilizează o cantitate mai mare de soluţie pentru desalifiere cu aceeaşi pereche de electrozi, se obţine o economie în consumul de energie ;

— suprapotenţialul de electrozi este în general o fracţiune considerabilă din diferenţa totală de potenţial necesară a opera la unansamblu cu trei compartimente, în timp ce în cazul multicelular cu douăzeci de compartimente sau mai multe, diferenţa totală de potenţial care este dirijată la electrozi este în general mică ;

— în aparatele multicelulare pierderile ohmice sînt mici ;

— mărirea numărului de compartimente şi reducerea numărului de electrozi aduce o micşorare a preţului aparaturii, deoarece materialul pentru electrozi este scump.

Scanned with OKEN Scanner

2. Membrane utilizate pentru electrodializă

Procesele de schimb ionic fac parte din categoria reacţiilor ionice de dublu schimb care au loc în sisteme eterogene solid-lichid (schimbătorul de ioni — soluţia unui electrolit) sau în sisteme omogene lichid-lichid, în cazul schimbătorilor de ioni lichizi. În toate cazurile, ionii din soluţia electrolitului înlocuiesc ionii cu acelaşi fel de sarcină electrică din grupele omogene legate de reţeaua schimbătorului de ioni. Se poate desena o membrană considerînd-o similară cu un amestec de viermi răsuciţi, viermii reprezentînd lanţul polimerului, spaţiile goale dintre ei fiind volumul interstiţial dintr-un polimer. Răsucirea viermilor reprezintă mişcarea termică a segmenţilor polimerului. Membranele schimbătoare de ioni sînt reactive prin aceea că sînt permeabile faţă de cationi, dar nu sînt faţă de anioni, sau invers. În figura 3, reprezentînd o membrană schimbătoare de cationi, lanţurile de polimer au ataşate chimic grupe cu sarcini negative. Lanţurile polimerului sînt înlănţuite şi de asemenea reticulate în diferite puncte. Ionii pozitivi sînt dispersaţi liber în golurile dintre catene. Sarcinile negative, fixe pe catene, resping ionii negativi care încearcă să pătrundă în membrană şi îi îndepărtează permiţînd doar pătrunderea ionilor pozitivi.

În electrodializă, membranele cu schimbători de cationi sînt alternate cu membranele cu schimbători de anioni, în rînduri paralele, pentru a forma compartimente constituite din soluţii. Aceste membrane ioni-

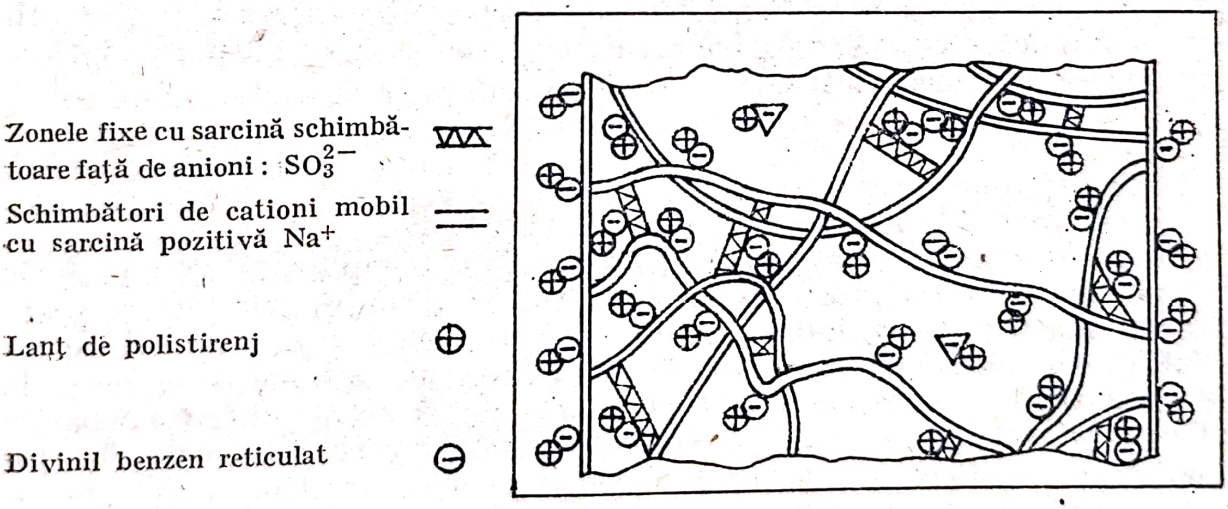


Fig. 3. Reprezentarea unei membrane schimbătoare de cationi.

selective permit ca procesul de schimb ionic să se conducă în mod continuu şi să se realizeze însemnate economii, datorită faptului că nu se folosesc regeneranţi chimici. Clasificarea membranelor schimbătoare de ioni se face pe baza mai multor criterii :

A) În funcţie de natura grupelor funcţionale schimbătoare de ioni fixate pe scheletul lor :

1. Membrane anionice

2. Membrane cationice
3. Membrane amfotere
4. Membrane din complexe de polielectroliţi
5. Membrane mozaic

B) În funcţie de structura lor şi metodele de preparare :

1. Membrane omogene
2. Membrane eterogene
3. Membrane cu incluziuni

Caracterizarea membranelor

Pentru o bună desfăşurare a procesului de electrodializă, membranele ioni-selective trebuie să aibă o serie de proprietăţi : stabilitate chimică ; rezistenţă mecanică exprimată prin termeni de rezistenţă la rupere ; selectivitate ionică ridicată — permeabilitate ionică neglijabilă pentru ionii de acelaşi fel cu cei fixaţi pe membrană ; selectivitatea ionică se reprezintă prin „numărul de transport" al unui ion ; conductibilitatea electrică a membranei să nu varieze prea mult cu conductibilitatea membranei în care este introdusă ; să permită un coeficient mic al difuziei libere a electrolitului în condiţiile diferenţei de concentrţaie care apare în proces.Difuzia sării prin membrană împiedică transportul electrodialitic al sării, care este principal în proces cauzînd o scădere a eficienţei. Difuzia liberă este controlată de diferenţa de concentraţie a sării de o parte şi de alta a membranei. Cu cît această diferenţă creşte, cu atît este mai mică creşterea relativă a difuziei pentru o creştere dată a diferenţei de concentraţie.

3. Aparatura

În general aparatura folosită nu este prea complicată. Dispozitivele în care are loc acest proces se numesc electrodializoare, avînd drept parte comonentă principală, indiferent de forma lor celula (camera) de electrodializă. Un electrodializor poate avea două sau mai multe camere de electrodializă. Din datele din literatură reiese, că pentru diferite separări şi concentrări de componenţi se folosesc următoarele tipuri de electrodializoare : bicamerale, tricamerale, pentacamerale, multicamerale.. Separarea spaţiului electrodializoarelor în camere electrodialitice se face prin intermediul membranelor. În camerele laterale se găsesc doi electrozi legaţi la o sursă de curent. Tensiunea aplicată pentru desfăşurarea procesului poate fi : o tensiune joasă, sau o tensiune înaltă de cîteva mii de volţi. În funcţie de tensiunea aplicată se poate vorbi de :

1) electrodializă la tensiune joasă
2) electrodializă la tensiune înaltă

Construcţia aparatelor care folosesc tensiune înaltă diferă puţin de cele ce utilizează tensiune joasă, dar principiul de funcţionare este acelaşi.

Scanned with OKEN Scanner

II Aplicații ale electrodializei

Procesul de electrodializă poate rezolva multe probleme care cer separarea materialelor ionice din soluții, purificarea unor soluții, recuperarea sării din conținut și pentru executarea multor reacții chimice care comportă primirea sau cedarea de ioni. Eficiența diferitelor procese depinde în mare măsură de proprietățile membranelor folosite. Astfel prin electrodializă s-a putut realiza concentrarea unor componenți din soluții (Na_2CO_3), separarea unor componenți (Zn de K, Cl^- de SO_4^{2-}), separarea unor impurități (Fe, Cu, Mg, Al) din bioxid de siliciu. Electrodializa este și o metodă de acidificare sau dezacidificarè a sucului de fructe și de zahăr. Avantajul principal al metodei constă în posibilitatea de a îndepărta gradat sarea conținută în soluția tratată fără a altera în mod practic natura altor substanțe. Electrodializa se folosește în prezent pe scară semiindustrială în desalinizarea sucurilor din trestia de zahăr, și în prepararea unui lapte dietetic cu conținut radical de proteine și calciu și scăzut de natriu, plecînd de la zerul din laptele de vacă. Aplicațiile biologice ale electrodializei sînt interesante în identificarea acizilor organici din țesuturi vegetale și animale și desalinizarea urinei, existînd încă inconveniente datorate instabilității membranelor care sînt obturate de substanțele coloidale și deteriorate de microorganismele prezente în mediile respective. Electrodializa poate fi utilizată la purificarea apelor bogate în săruri. În acest scop am aplicat metoda electrodializei în demineralizarea apei de mare (Marea Neagră). Membranele schimbătoare de ioni folosite în determinările experimentale au fost preparate în cadrul catedrei de Chimie analitică a Facultății de Tehnologie chimică Iași după o metodă elaborată de Institutul „Petru Poni". Metoda constă în introducerea într-un suport macromolecular inert (folie de polietilenă de joasă presiune) a uni amestec de monomeri vinilici (stiren, divinil benzen, acrilonitril) polimerizarea lor „in situ" prin inițiere radicalică cu peroxid de benzoil și transformarea chimică a polimerilor, în vederea introducerii grupelor ionogene : SO_3H^- în cazul membranelor cationice și $-CH_2-N^+(CH_3)_3$ a celor anionice. În scopul verificării eficienței membranelor sintetizate, am efectuat purificarea unor ape de concentrație cunoscută în ioni Cl^- și SO_4^{2-}. Rezultatele obținute fiind satisfăcătoare, am trecut la analiza conținutului apei de mare în acești ioni. Aparatura folosită a constat dintr-un electrodializor cu opt compartimente, separate alternativ prin membrane cationice și anionice. În compartimentele anodic și catodic au fost plasați cîte un electrod de cărbune, ambii legați la o sursă

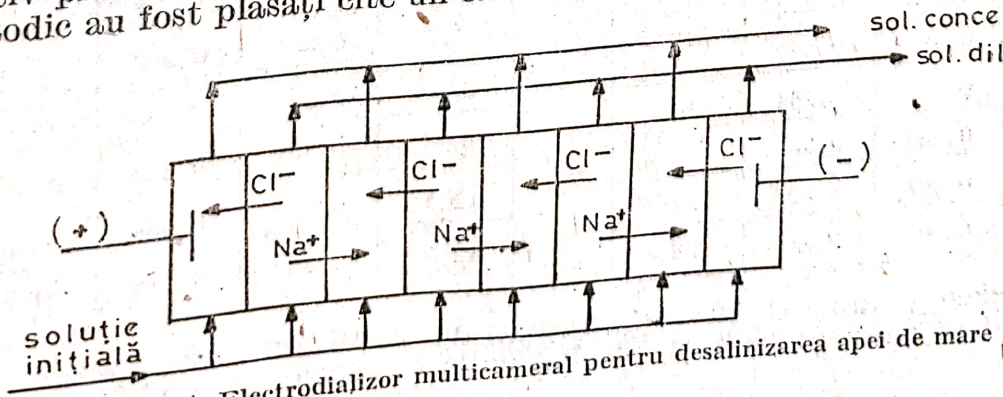


Fig. 4. Electrodializor multicameral pentru desalinizarea apei de mare

Scanned with OKEN Scanner

de curent continuu. Inițial, s-au folosit electrozi din oțel inoxidabil și din nichel, care însă se descompuneau datorită electrolizei.

Am studiat eficiența electrodializei, în cazul purificării de cloruri a unor ape, urmărind parametrii ce influențează desfășurarea procesului. Am pornit de la o soluție inițială care conținea ~0,5% NaCl și am urmărit scăderea concentrației în compartimentele de desalifiere. Am făcut determinările de concentrație prin măsurători de potențial, cu ajutorul unui electrod Cl^- sensibil, pe baza unei curbe etalon. Parametrii studiați au fost viteza de curgere a soluției și tensiunea aplicată la electrozi. Rezultatele obținute sînt trecute în tabelul 1 în care:

v = viteza de curgere a soluției (ml/minut)
C_i = concentrația inițială (%)
C_f = concentrația finală (%)
U = tensiunea aplicată la electrozi (volți)
$\frac{Cx}{C_i}100$ = eficacitatea procesului (%)

v ml/min	C_i NaCl %	C_f NaCl %	$\frac{\Delta c}{C_i}\cdot 100$ %
1,40	0,500	0,079	84,2
1,42	0,500	0,080	84,0
2,50	0,436	0,071	83,7
2,50	0,436	0,072	83,4
4,30	0,500	0,158	63,7
4,80	0,500	0,173	65,4

U volți	C_i NaCl %	C_f NaCl %	$\frac{\Delta c}{C_i}\cdot 100$ %
7	0,500	0,166	66,8
7	0,524	0,175	66,3
10	0,436	0,097	77,7
10	0,524	0,112	78,6
12	0,436	0,060	84,1
12	0,436	0,072	83,4

Un studiu asemănător s-a efectuat în cazul purificării apelor de sulfați, pornind de la o soluție inițială ce conținea 0,5% Na_2SO_4. Concentrația ionului SO_4^{2-} s-a determinat prin titrarea probei în soluție alcoolică cu Ba $(ClO_4)_2$ 0,1 n, folosind ca indicator un amestec de toron-albastru de metilen (1 : 1). În tabelul 2 sînt trecute rezultatele obținute la aceste determinări:

v (ml/min)	C_i Na_2SO_4 %	C_f Na_2SO_4 %	$\frac{\Delta C}{C_i}\cdot 100$ %
1,50	0,502	0,222	55,7
1,50	0,497	0,227	54,3
2,50	0,497	0,264	46,8
2,50	0,497	0,265	46,6
5,00	0,501	0,328	34,5
5,00	0,507	0,310	38,8

U volți	C_i Na_2SO_4 %	C_f Na_2SO_4 %	$\frac{\Delta C}{C_i}\cdot 100$ %
7,5	0,501	0,296	40,9
10	0,502	0,268	46,6
10	0,497	0,264	46,8
12,5	0,633	0,286	54,8
12,5	0,633	0,285	54,9

Aceiași parametri au fost studiați în cazul purificării apelor de amestecul de cloruri și sulfați, plecînd de la o soluție de —0,5% NaCl și

Scanned with OKEN Scanner

—0,5 % Na_2SO_4. Din tabelul 1 reiese că, în cazul ionului Cl^-, eficacitatea procesului creşte cu scăderea vitezei de curgere şi cu creşterea tensiunii aplicate la electrozi. După cum reiese din tabelul 2, în cazul ionului SO_4^{2-} s-au obţinut aceleaşi rezultate. De menţionat că în acest caz procesul decurge cu o eficacitate mai scăzută. La aceleaşi concluzii s-a ajuns şi în cazul purificării de amestecul celor doi ioni. Pebaza rezultatelor obţinute anterior am urmărit eficacitatea electrodializei în desalinizarea apei de mare. Determinările au fost efectuate la o viteză de curgere de 2,5 ml/min şi o tensiune de 10 volţi. Apa de mare a fost analizată, găsindu-se un conţinut iniţial de 14,48 g/l Cl^- şi 2,84 g/l SO_4^{2-} şi supusă electrodializei în condiţiile arătate anterior. S-a obţinut apă cu un conţinut mediu de 2,80 g/l Cl^- şi 1,87 g/l SO_4^{2-}. Soluţia diluată astfel obţinută a fost recirculată şi supusă încă o dată eectrodializei, obţinîndu-se în final apă cu un onţinut mediu de 0,36 g/l Cl^- şi 1,56 g/l SO_4^{2-}, care poate fi folosită în scopuri tehnice (ape industriale, irigaţii). Pentru verificarea conţinutului de săruri în apa de mare iniţială şi după fiecare trecere prin electrodializaor s-a determinat de fiecare dată reziduul total.

$$v = 2{,}5 \text{ ml/min}$$

$$U = 10 \text{ volţi}$$

Reziduul total în apa de mare : 17,96 g/l

Desalinizarea apei de mare — prima trecere prin electrodializor

$C_i = 14{,}48$ g/l Cl^-

$C_i = 2{,}84$ g/l SO^{2-}_4

C_f g/l Cl^-	$\frac{\Delta c}{C_i} \cdot 100$ %	C_f g/l SO_4^{2-}	$\frac{\Delta C}{C_i} \cdot 100$ %
3,46	76,1	2,09	26,40
2,85	80;3	1,52	46,4
2,63	81,8	1,44	49,2
2,34	83,8	1,52	46,4
2,08	85,6	1,99	42,7
1,66	88,5	1,80	36,6

Reziduul total: 6,93 g/1

Desalinizare apei de mare — a doua trecere prin electrodializor.

$C_i = 2{,}80$ g/l Cl^-

$C_i = 1{,}87$ g/l SO^{2-}_4

C_f. g/l Cl^-	$\frac{\Delta C}{C_i} \cdot 100$ %	C_f g/l SO_4^{2-}	$\frac{\Delta c}{C_i} \cdot 100$ %
0,60	78,5	1,73	7,48
0,39	72,1	1,56	16,5
0,39	72,1	1,42	24,0
0,33	76,4	1,49	20,3
0,32	77,1	1,56	16,5
0,33	76,4	1,56	16,5

Reziduul total: 1,29 g/1

BIBLIOGRAFIE

1. *Manegold, E., Kalauch, C.* — Koloidzscher, 1939, *86*, 93.
2. *Meyer, K., Strauss, H.* — W. Helv. Chim. Acta, 1940, 23, 795.
3. *Juda, W. A., Kressman, T.R.E.* — J. Amer. Chem. Soc. 1950, 72, 1044.
4. *Wilson, J. R.* — *Demineralization by electrodialysis*, London, Butter Warths Scientific Publication, 1960.
5. *Lacey, R.* — Membrane Separation Processes, Chemical Engineering 1972, 32, 56.

Scanned with OKEN Scanner

DETERMINAREA CONSTANTEI LUI PLANCK PRINTR-O METODĂ DE ELECTROLUMINESCENȚĂ

P. CRĂCIUN, M. IELI

1. Introducere

Constanta lui Planck (h) stă la baza întregii fizici a microcosmosului. Intervenind și în relațiile de incertitudine ale mecanicii cuantice, în cazul mărimilor canonic conjugate (Δq, $\Delta p \geqslant h/2\pi$), constanta lui Planck s-a dovedit a fi atît fundamentul întregii teorii cuantice cît și mărimea care reglementează raportul dintre cele două noțiuni utilizate în fizică: de undă și particulă.

Din motivele de mai sus determinarea experimentală a mărimii constantei lui Planck are o multiplă importanță.

Principial, constanta lui Planck poate fi determinată din numeroase fenomene care intervin în microcosmos. Sînt însă puține experimente cu ajutorul cărora se poate afla mărimea acestei constante. Dintre acestea pot fi citate:

— metoda lui Millikan (1912) folosind efectul fotoelectronic, cea folosind legile radiației termice a corpului negru și cea folosind spectrograma radiațiilor Röntgen. Aceste metode sînt foarte laborioase și necesită aparataje complicate și scumpe. De aceea, expunem o metodă experimentală mult mai simplă pentru aflarea constantei (h) bazată pe efectul de electroluminescență ce are loc în diodele semiconductoare.

Metoda expusă în continuare este destinată în special pentru elevii și studenții care activează în cercurile științifice fiind mult mai intuitivă ca metodele enumerate mai sus și necesită materiale ușor de găsit în mai toate laboratoarele: un voltmetru- un miliampermetru și o diodă electroluminescentă (LED) care actualmente se fabrică și în țară.

2. Principiile metodei.

S-a observat [1] că se poate produce o radiație monocrmatică cînd printr-o joncțiune n-p trece un curent electric. Fenomenul a fost numit electroluminescență și se datorește, în esență, faptului că electronii de neechilibru din banda de conducție sînt excitați fie printr-un cîmp electric puternic, fie prin injecția la joncțiuni n-p polarizate în sens direct, putîndu-se recombina cu găurile din banda de valență [2].

Explicarea calitativă a fenomenului poate fi făcută cu ajutorul modelului clasic al joncțiunii n-p (fig. 1)

La interfața n-p se creează un strat dipolar de intensitate (E_0), format din electronii trecuți în zona P și din găurile trecute în zona n care împiedică difuzia ulterioară a purtătorilor de sarcină, în lipsa unei tensiuni aplicate pe semiconductor.

În prezența unei tensiuni directe (ca în fig. 1) aplicate pe semiconductorul n-p, electronul din zona n va putea ajunge la interfața n-p recombinîndu-se cu o gaură pozitivă urmată cu emisia unui foton (fig. 1).

Scanned with OKEN Scanner

Explicarea cantitativă se face recurgîndu-se la teoria nivelelor energetice [3, 4].

Semiconductorul tip n avînd impurităţi donoare localizate în zona interzisă, va avea ultimul nivel electronic ocupat (nivelul Fermi) situat

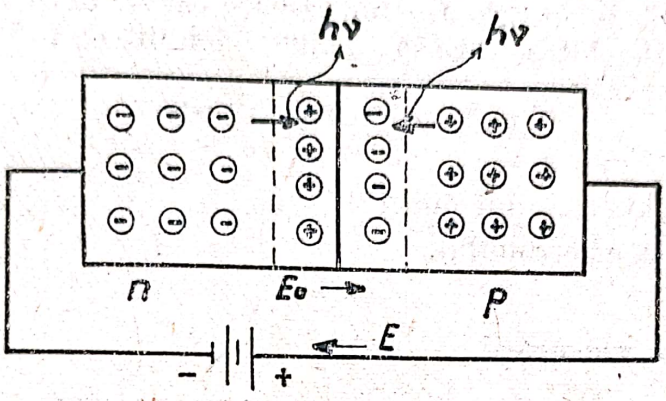


Fig. 1

sub banda de conduţie (Ec), în timp ce semiconductorul p avînd impurităţi acceptoare de electroni, va avea nivelul Fermi (E_{Fp}) deasupra bandei de valenţă (Ev) (fig. 2, a).

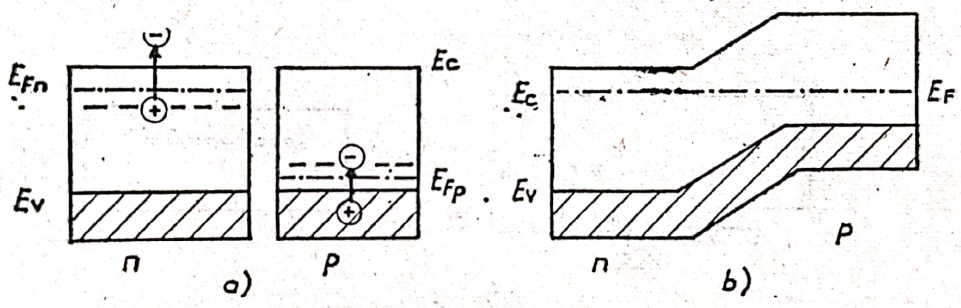


Fig. 2

Dacă cele două tipuri de semiconductoare sînt puse în contact cîmpul electrostatic (E_0) al stratului dipolar format în vecinătatea joncţiunii (vezi fig. 1), va contribui la egalarea nivelelor Fermi, prin coborîrea diagramei energetice din zona n şi ridicarea celei din zona p, formîndu-se astfel un nivel unic al celor două semiconductoare (fig. 2, b).

Prin aplicarea unui cîmp electric extern în sens direct (care să se opună cîmpului electric de baraj, E_0) prin conectarea unei baterii de tensiune V cu polul negativ la semiconductorul (n) (fig. 3) cîmpul electric

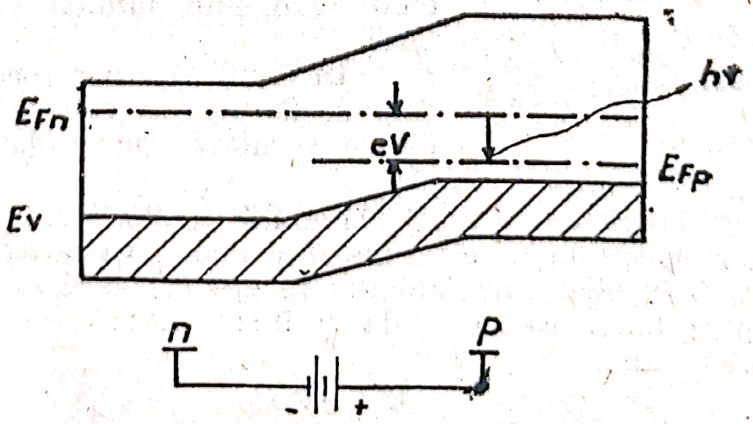


Fig. 3

de baraj (E_0) va scădea dar nu dispare. În consecinţă, între cele două nivele Fermi are loc o modificare a barierei de potenţial cu valoarea $E_{Fn} - E_{Fp} = eV$.

Ca urmare, electronii aflaţi pe nivelul E_{Fn} pot trece pe nivelul E_{Ep} emiţînd o cuantă de energie a cărei valoare este egală cu diferenţa dintre nivelele energetie între care s-a făcut schimbul, adică :

$$h\nu = E_{Fn} - E_{Fp} = eV \qquad (1)$$

unde :

ν = frecvenţa luminii emise

e = sarcină electronului.

3. Tehnica măsurării.

Diodei electroluminescente (D) i se aplică o tensiune continuă directă ca în fig. 4.

Tensiunea (V) la care se produce electroluminescenţa diodei se stabileşte prin extrapolare la axa absciselor a curbei curent — tensiune, ca în fig. 5.

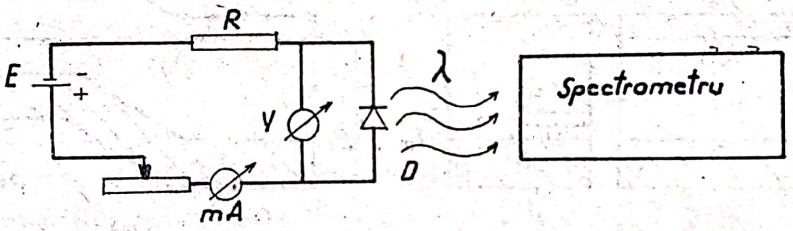


Fig. 4

Lungimea de undă (λ) a luminii monocromatice emisă de diodă poate fi analizată cel mai uşor cu un spectrometru prevăzut cu reţea de difracţie, existent în cele mai multe laboratoare didactice.

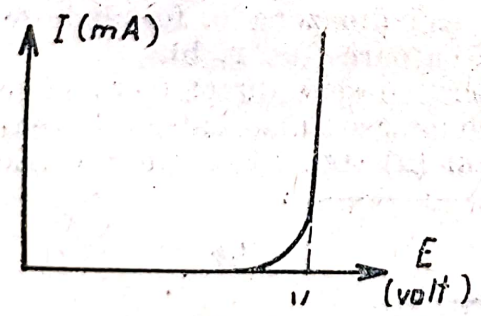


Fig. 5

Dintre diodele electroluminescente bune rezultate dau cele autohtone, ca de exemplu cele roşii cu GaAsP, tip ROL-02 fabricate de I.C.C.E. Bucureşti. Se găsesc de asemenea, fabricate de aceeaşi firmă, diode care emit lumină verde sau galbenă.

În cazul că laboratorul didactic nu dispune de un spectrometru se pot folosi datele furnizate de firma producătoare [5].

Odată ce lungimea de undă (λ) emisă de diodă este cunoscută, fie din măsurători spectrometrice fie din fişa diodei, valoarea constantei lui Planck poate fi imediat calculată din relaţia (1) dacă se are în vedere corelaţia dintre lungimea de undă şi frecvenţă : $\nu = c/\lambda$, (c — viteza luminii). Se găseşte :

$$h = eV\,\lambda/c \qquad (2)$$

Scanned with OKEN Scanner

Din măsurătorile efectuate cu diode tip ROL, am găsit în medie, pentru constanta lui Planck, valoarea $h = 6{,}9 \cdot 19^{-34}$ J s.

4. Concluzii

Determinarea valorii constantei lui Planck pe baza efectului electroluminescenței unei diode n-p are avantajul simplității proceselor de măsurare în comparație cu celelalte metode.

Prin această metodă, realitatea cuantelor de energie apare mai evidentă, iar dependența stării de existență a electronului de energia sa mai ușor de intuit pentru majoritatea elevilor și studenților.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Varshni Y. P.* — phys. stat sol. 19, 459 (1967)
[2] *Popovici G,* — în ,,Probleme actuale ale fizicii semiconductorilor'', Ed. Acad. R.S.R., București 1970, pag. 235.
[3] *Bunget I.,* — ,,Electronica fizică a stării solide'', Ed. științifică, București, 1970.
[4] *Grave A. S.,* — ,,Fizica și tehnologia dispozitivelor semiconductoare'', Ed. tehnică, București, 1973
[5] *O'Connor P. J., O'Connor L. R.,*— Phys. Theacher., 12, no. 7, (1974), p. 423.

TEST DE VERIFICARE

Prof. *MUCIUCIORA ELISABETA*, Tg. Jiu

Cls. XII

Numele și prenumele

---

1. Prin scindarea legăturii C—H din molecula metanului se formează : a). radical ; b). carbocation ; c). carbonion ; d). toate afirmațiile sînt corecte ; e). nici una din afirmații nu este corectă

1 p.

2. Dacă scindarea unui substrat se face după schema :

$$A{-}B \longrightarrow A^{+} + :B^{-}$$

se numește : a). scindare homolitică ; b). scindare heterolitică ; c). reacție de ionizare ; d). coordinare ; e). nici una din afirmații nu este corectă

1 p.

3. Se dă ecuația reacției :

$$CH_3{-}\ddot{B}r: + :NH_3 \rightarrow CH_3{-}NH_3^{+} :\ddot{B}r^{-}:$$

Cum s-a produs ruperea legăturii covalente C—Br din molecula substratului : a). heterolitic ; b). homolitic ; c). coordinativ ; d). nici una din afirmații nu este corectă.

0,5 p.

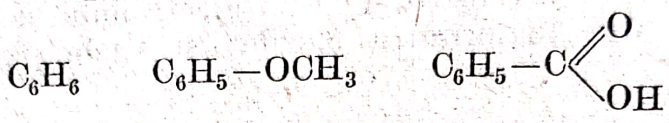
4. Reacţia de clorurare a metanului la lumină, în fază gazoasă este : a). o reacţie de substituţie radicalică ; b). o reacţie de substituţie electrofilă ; c). o reacţie de substituţie nucleofilă ; d). o reacţie de adiţie radicalică

5. Benzenul se poate bromura cu bromul în prdzenţa $AlBr_3$ sau $FeBr_3$ drept catalizator. Prin ce tip de mecanism credeţi că decurge reacţia :

a). S.R. ; b). S.E. ; c). S.N. ; d). A.R ; e). nici una din afirmaţii nu este corectă

1,5 p.

6. Se dau compuşii :



I II III

Care din aceşti compuşi credeţi că are reactivitatea cea mai mare în substituţia electrofilă : a). I ; b). II ; c). III ; d). toţi compuşii au aceeaşi reactivitate

1,5 p.

7. Poate avea loc următoarea reacţie de substituţie :

$$C_6H_5-Cl + KCN \rightarrow C_6H_5-C\equiv N + KCl$$

a). da, orice compus halogenat reacţionează cu cianurile alcaline b). da, prin tratarea unui compus halogenat cu o cianură alcalină, se creează o nouă legătură carbon—carbon iar în clorbenzen sînt 6 atomi de carbon, iar în benzonitril sînt 7.

c). nu, datorită conjugării între electronii p ai atomului de clor şi electronii π ai ciclului aromatic şi astfel atomul de clor nu prezintă tendinţa de ionizare, deci nu va reacţiona cu cianura de potasiu.

d). nu, deoarece compuşii halogenaţi nu reacţionează decît cu NaCN nu şi cu KCN

1,5 p.

INTERPRETĂRI GEOMETRICE ÎN TEORIA RELATIVITĂŢII RESTRÎNSE

Prof. *GEORGESCU IOANA* * şi Prof. *SEVER IOSIF GEORGESCU* **, Bucureşti

I. — Introducere :

Valoarea metodologică a informaţiei în fizică implică un pronunţat caracter interdisciplinar al predării şi învăţării fizicii în scopul formării şi dezvoltării capacităţilor necesare integrării în producţie a absolventului de liceu sau continuării cu deplin succes a învăţămîntului superior.

* Şc. gen. 169
** L. Ind. nr. 2.

Dacă profesorul de liceu are în vedere, pe lîngă obiectivele informaţionale şi obiectivele metodologice în proiectarea oricărui act de învăţare, în realizarea oricărui proces educaţional, va asigura eficienţă sporită randamentului şcolar, ceea ce permite elevului să înţeleagă că ştiinţa fizică este un sistem deschis, continuu perfectibil.

Articolul de faţă îşi propune să stabilească pe cale geometrică binecunoscutele relaţii de transformare Lorenz-Einstein, interpretarea geometrică a consecinţelor directe care se desprind din grupul de transformări Lorentz-Einstein care stau la baza mecanicii relativiste, a căror interpretare ştiinţifică a dat-o Albert Einstein în 1905 care a conceput teoria propriuzisă a relativităţii restrînse (teorie care se mărgineşte la cazul simplu cînd cele 2 sisteme de referinţă (S.R.I.) S şi S′ se mişcă rectiliniu şi uniform unul faţă de celălalt.

Etapizarea formării conceptului de „teoria relativităţii restrînse" se identifică cu părţile structurale ale teoriei :

— partea axiomatică care cuprinde principiile ce stau la baza teoriei ;

— Regulile de derivare care cuprind conceptele matematice folosite şi formalismul matematic folosit.

— partea derivată constituită din relaţiile matematice ce exprimă grupul de transformări Lorentz-Einstein şi consecinţele directe ale acestora, a căror interpretare geometrică asigură o înţelegere mai profundă a semnificaţiei lor fizice, dezvoltînd astfel la elevi capacitatea de transfer a instrumentului matematic şi a metodei de investigare.

A. Einstein, fără să facă vreo ipoteză asupra spaţiului sau a timpului, plecînd de la rezultatele cunoscute pînă atunci (de la rezultatul negativ al experienţei lui Michelson care încerca să pună în evidenţă aşa numitul „vînt de eter", respectiv mişcarea pămîntului faţă de eterul imobil-mediu ipotetic introdus pentru explicarea propagării undelor luminoase) crează o nouă teorie pe baza a două principii :

1. — *Principiul relativităţii* : legile care guvernează fenomenele fizice nu depind de starea de repaus sau de mişcarea rectilinie şi uniformă a sistemului de referinţă unde au fost descoperite şi experimentate. Acest principiu corespunde tuturor experienţelor şi observaţiilor directe asupra naturii înconjurătoare, constituind o generalizare a principiului relativităţii din mecanica clasică.

Aşadar conform principiului relativităţii toate sistemele de referinţă inerţiale sînt echivalente pentru legile fizicii : nu există un sistem de referinţă absolut.

2. — *Principiul constanţei vitezei luminii* : VITEZA C cu care se propagă în vid o undă luminoasă nu depinde nici de sistemul de referinţă la care se raportează unda, nici de direcţia de propagare a undei, fiind o constantă universală.

Noua teorie creiată de Einstein în 1905 care a primit numele de „teoria relativităţii restrînse sau speciale" a atacat cu îndrăzneală filozofia unanim recunoscută a lui Newton, conceptele tradiţionale de spaţiu şi timp, arătînd că acestea sînt noţiuni relative, legate între ele şi legate de materia în mişcare.

Scanned with OKEN Scanner

II. — Relaţiile de transformare Lorentz-Einstein

Legătura spaţiu-timp se vede şi din relaţiile de transformare Lorentz-Einstein. Deducerea acestor relaţii se face curent pe cale algebrică, dar ele pot fi deduse şi pe cale geometrică, cale în care calculul algebric este mai puţin folosit.

Datorită faptului că orice fenomen, orice proces fizic se petrece atît în spaţiu cît şi în timp, matematicianul A. Minkovski arătînd că „de acum în colo spaţiul şi timpul luate fiecare în parte cad în umbră şi numai un fel de uniune a acestora îşi păstrează independenţa „*dezvoltă cinematica einsteiniană ca o geometrie cuadridimensională*".

Pentru simplificare ne vom limita la reprezentări într-un plan (x, ct) coordonatele y şi z rămînînd neschimbate.

Relaţiile geometrice obţinute le traducem din nou în limbajul cinematicii: astfel prin linie de univers trebuie să înţelegem mişcarea unui punct, prin intersecţia a două linii de univers, întîlnirea a două puncte în mişcare etc.

Se consideră două sisteme S fix şi S′ (fig. 1) care se mişcă faţă de S cu viteza V. Trebuie precizat că coordonatele folosite nu trebuie să fie neapărat rectangulare, ele pot fi şi oblice.

În cele două sisteme considerate se aleg etaloane pentru lungime, fiecare etalon fiind în repaus în sistemul considerat. Pentru stabilirea relaţiilor de transformare este necesar să se cunoască ce relaţii există între aceste etaloane situate în sisteme diferite. Se presupune că etalonul din sistemul S(x, ct) este dat de porţiunea din axa x cuprinsă între origine şi punctul E de pe această axă. Pentru simplitate va fi notat mai departe cu E. Liniile de univers ale capetelor etalonului vor fi axa ct şi o dreaptă paralelă cu ct dusă prin punctul E. Se consideră şi în sistemul S′(x′, ct′) un etalon OE′ ale cărui linii de univers vor fi axa ct′ şi o paralelă la aceasta prin E′. La fel pentru simplitate, va fi notat cu E′. Dacă un observator, care este în repaus în S, vrea să măsoare lungimea etalonului din S′ la o observaţie simultană a capetelor, va găsi segmentul Oe sau, pe scurt e. Rezultatul măsurătorii va fi, evident, $\frac{e}{E}$.

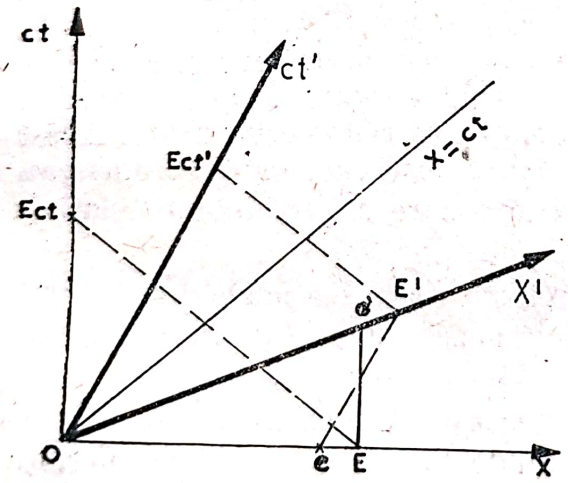


Fig. 1

Analog, rezultatul măsurătorii etalonului din S′ efectuată de către un observator în repaus în S′ va fi $\frac{e'}{E'}$. Conform primului principiu al relativităţii restrînse, care spune că toate sistemele inerţiale sînt echivalente trebuie ca cele două rapoarte să fie egale, adică

$$\frac{e}{E} = \frac{e'}{E'} \text{ sau } E.e' = eE' \qquad (1)$$

Din triunghiul OEe′ reiese: $Oe'^2 = OE^2 + Ee'^2$

Cu notaţiile introduse şi cu $Ee' = OE \cdot \frac{v}{c}$ rezultă

$$e'^2 = E^2 + E^2 \cdot \frac{v^2}{c^2} = E^2\left(1 + \frac{v^2}{c^2}\right) \tag{2}$$

Din triunghiul OE′D (fig. 2) rezultă:

$$OE'^2 = OD^2 + DE'^2 = OD^2 + OD^2\frac{v^2}{c^2} \rightarrow OE'^2 = OD^2\left(1+\frac{v^2}{c^2}\right) \tag{2'}$$

Dar $OD = Oe + eD = Oe + DE' \cdot \frac{v}{c} = Oe + OD \cdot \frac{v^2}{c^2}$ De unde $OD = \frac{Oe}{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

Înlocuind în (2′) valoarea lui OD şi folosind notaţiile prescurtate rezultă:

$$E'^2 = e^2 \frac{1 + \frac{v^2}{c^2}}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^2} \tag{3}$$

Extrăgînd rădăcina pătrată din (2) şi (3) şi înlocuind în (1) se obţine:

$$E \cdot E\sqrt{1 + \frac{v^2}{c^2}} = e \cdot e\frac{\sqrt{1 + \frac{v^2}{c^2}}}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}$$

sau $$\frac{E}{e} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \tag{4}$$

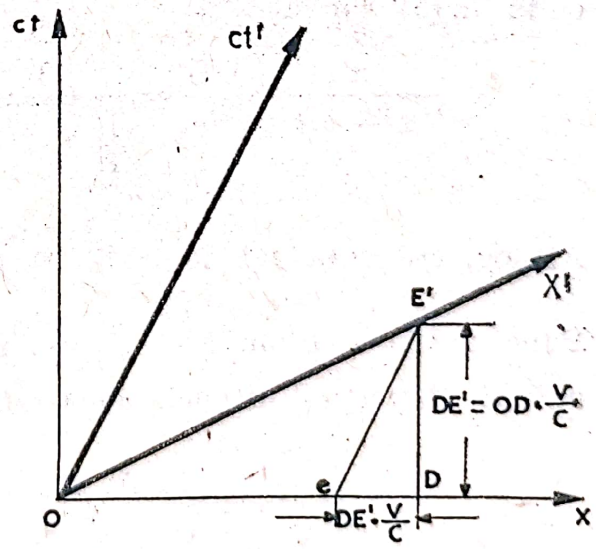


Fig. 2

Relaţiile (3) şi (4) permit construcţia unităţii de lungime E′ din S′ cunoscînd unitatea de lungime E din S. Prin aceasta putem exprima coordonatele x şi t ale unui punct P din S în funcţie de coordonatele x′ şi t′ ale aceluiaşi punct din S′.

Pentru aceasta considerăm două sisteme inerţiale S şi S′ (fig. 3) ce au ca unităţi de lungime E respectiv E′.

Sistemul S este considerat în repaus iar S′ în mișcare față de primul, cu viteza C. Considerînd un punct P, acesta va avea coordonatele x, ct în S și x′, ct′ în S′ (fig. 3). Abscisa punctului P în sistemul S se va găsi la x unități față de origine, adică $x = \frac{\overline{ON}}{E}$

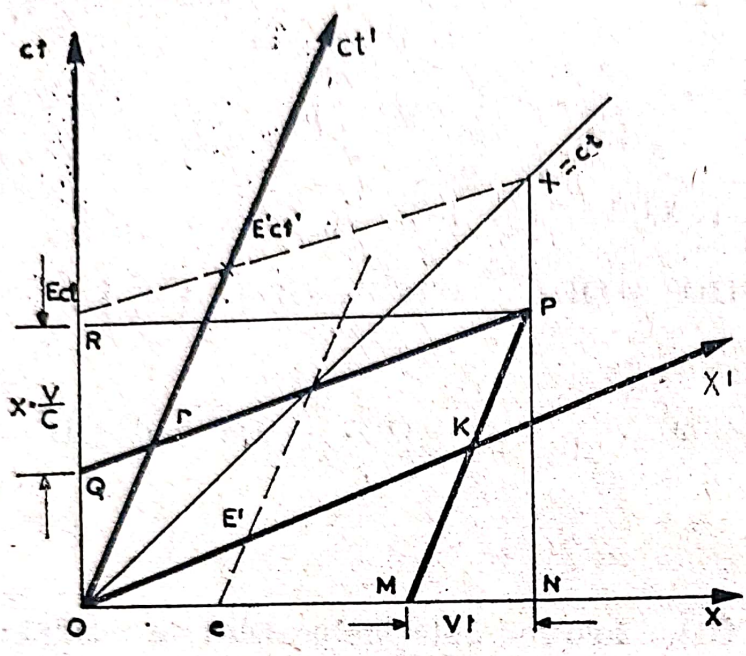


Fig. 3

Punctul M va avea abscisa :

$$x - vt = \frac{\overline{OM}}{E}$$

În sistemul S′ abcisa lui P se va găsi la x′ unități față de origine, adică

$$x' = \frac{\overline{OK}}{E'}$$

Făcînd raportul ultimelor două relații se obține :

$$\frac{x'}{x - vt} = \frac{\overline{OK}}{OM} \cdot \frac{E}{E'} \qquad (5)$$

Din triunghiurile OKM și OE′e rezultă : $\frac{\overline{OK}}{OM} = \frac{E'}{e}$; relație care înlocuită în (5) conduce la

$$\frac{x'}{x - v.t} = \frac{E}{e} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{sau} \quad x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \qquad (6)$$

Analog, ordonata lui P în S′ va avea : $ct' = \frac{\overline{OT}}{E'_{ct}} = \frac{\overline{OT}}{E'}$ unități.

Punctul Q de ordonată $ct - \frac{v}{c}.x$ va avea : $ct - \frac{v}{c} \cdot x = \frac{\overline{OQ}}{E_{ct}} = \frac{\overline{OQ}}{E}$ unități. Raportînd ultimele două relații rezultă :

$$\frac{ct'}{ct - \frac{v}{c}.x} = \frac{\overline{OT}}{\overline{OQ}} \cdot \frac{E}{E'} \qquad (7)$$

Folosind triunghiurile OQT și $OE'_{ct}\,E_{ct}$ relația 7 devine :

$$\frac{ct'}{ct - \frac{v}{c}.x} = \frac{E}{e} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Scanned with OKEN Scanner

de unde

$$t' = \frac{t - \frac{v^2}{c^2} \cdot x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \tag{8}$$

Relaţiile (6) şi (8) completate cu $y' = y$ şi $z' = z$ (y şi z nu variază deoarece sînt perpendiculare pe direcţia de mişcare) reprezintă binecunoscutele relaţii de transformare Lorentz.

III. — Consecinţele teoriei relativităţii restrînse.

Orice punct din spaţiu poate fi sursa unei unde luminoase care se propagă uniform în toate direcţiile prin suprafeţe de undă sferice.

Semnalele luminoase se reprezintă prin două direcţii perpendiculare ce constituie axele unui sistem de referinţă X, Y; considerat absolut (în locul reprezentării concrete a eterului, deoarece nu conţine nimic care să depăşească noţiunile necesare pentru interpretarea experimentelor).

Originea acestui sistem presupune totodată originea tuturor sistemelor x, ct considerate (fig. 4).

Am văzut că etaloanele de lungime şi timp considerate în sistemul S au valori diferite dacă sînt măsurate de un observator situat în S' şi invers, adică sînt mărimi relative.

Ne propunem ca în sistemul absolut X, Y, să găsim curbe etalon care să intersecteze axele unui sistem inerţial arbitrar x, ct la distanţe egale cu unitatea de lungime, respectiv de timp şi care să fie exprimate printr-o lege invariantă.

În sistemele S şi S' (v. fig. 4) axa X(Y = 0) este dată de egalităţile x = ct şi x' = ct' care exprimă principiul constanţei vitezei luminii în cele două sisteme inerţiale.

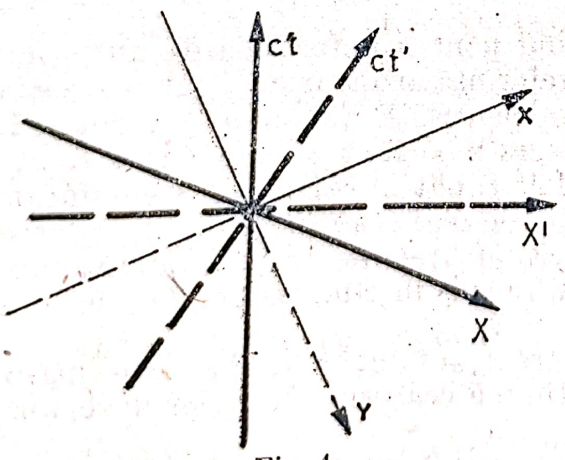


Fig. 4

Să exprimăm diferenţa x'—ct' valabilă în sistemul S' în funcţie de coordonatele x, ct din sistemul S cu ajutorul formulelor (6) şi (8)

$$x' - ct' =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\left[(x - vt) - c\left(t - \frac{v}{c^2} \cdot x\right)\right] =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\left[x\left(1 + \frac{v}{c}\right) - ct\left(1 + \frac{v}{c}\right)\right] =$$

$$= \frac{1 + \frac{v}{c}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} (x - ct)$$

sau

$x' - ct' = \frac{1 + \beta}{\alpha} (x - ct)$ unde

$$\beta = \frac{v}{c} \text{ și } \alpha = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c_2}} \tag{9}$$

Punctele axei $Y(X = 0)$ sînt date în cele două sisteme de relaţiile :

$$x' = -ct' \text{ și } x = -ct.$$

Făcînd aceiaşi tranaformare ca mai sus se obţine :

$$x' + ct' = \frac{1 - \beta}{\alpha} (x + ct) \tag{10}$$

Înmulţind relaţiile (9) şi (10) membru cu membru rezultă :

$$(x' - ct')(x' + ct') = (x - ct)(x + ct)$$

sau $x'^2 - c^2t'^2 = x^2 - c^2t^2$ deoarece $(1 - \beta)(1 + \beta) = 1 - \beta^2 = \alpha^2$

Se vede că expresia $x^2 - c^2t^2 = F$ (11) este un invariant şi are dimeniunile $[L^2]$.

Relaţia (11) serveşte în primul rînd pentru determinarea unităţilor de lungime şi de timp într-un sistem de referinţă arbitrar S. Pentru aceasta vom căuta punctele din univers care au pentru F valoarea $+1$ sau -1.

$F = +1$ pentru punctele din univers $x = 1$, $ct = 0$. Aceasta reprezintă capătul unui etalon care are celălalt capăt în originea sistemului de referinţă S la momentul $t = 0$. Afirmaţia de mai sus fiind valabilă pentru toate sistemele de referinţă S, rezultă că punctele de univers pentru care $F = +1$ definesc unitatea de lungime în repaus într-un sistem de referinţă arbitrar S.

$F = -1$ pentru punctele de univers $x = 0$, $ct = 1$, care este într-o relaţie corespunzătoare cu unitatea de timp a ceasornicului aflat în repaus în originea sistemului S considerat.

Aceste puncte ($F = +1$ şi $F = -1$) pot fi construite geometric pornind de la sistemul XY. Axa X aşa cum s-a arătat este formată din punctele pentru care $Y = 0$; într-un sistem inerţial însă aceleaşi puncte sînt caracterizate prin relaţia $x = ct$ sau $x - ct = 0$. Cu alte cuvinte, Y este proporţional cu $x - ct$. Alegînd unităţi convenabile pentru Y se poate scrie : $Y = x - ct$.

Scanned with OKEN Scanner

Considerînd în mod similar axa Y rezultă : $X = x + ct$
Prin înmulţirea celor două relaţii de mai sus se obţine :

$$X.Y^2 = x^2 - c^2t^2 = F \tag{12}$$

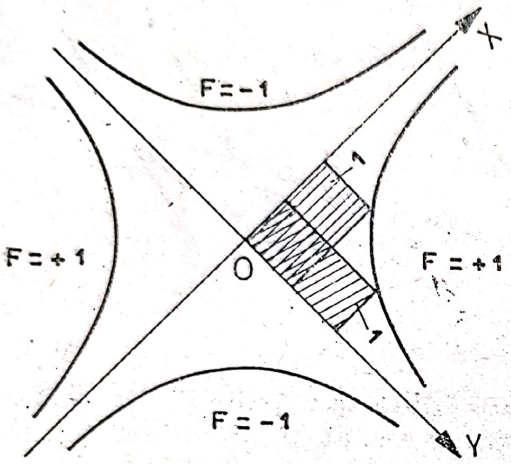


Fig. 5

Relaţia (12) reprezintă suprafaţa unui dreptunghi cu laturile X şi Y (F are dimensiunea L^2)

Pentru punctul de univers cu $F = XY = 1$ dreptunghiul format de coordonatele X şi Y are suprafaţa 1 cm^2.

Din punct de vedere analitic, $XY = 1$ reprezintă o hiperbolă echilateră (fig. 5).

Cînd cele două coordonate sînt negative se obţine o a doua ramură a hiperbolei, în cadranul opus. Pentru $F = -1$ se obţin alte două hiperbole conjugate în celelalte două cadrane unde X şi Y sînt de semne diferite (vezi fig. 5).

Aceste hiperbole reprezintă curbele etalon căutate.

A. — Relativitatea simultaneităţii.

Într-un sistem S(x, ct) în repaus se consideră trei puncte A, B, C, în repaus pe axa x. C se află la jumătatea distanţei dintre A şiB (fig. 6). Liniile lor de univers vor fi drepte paralele cu ct.

Se consideră că la momentul $t = 0$ din C se trimit două semnale luminoase către A şi B, care, datorită faptului că viteza luminii este constantă vor avea aceeaşi înclinare faţă de axa x.

Acestea vor intersecta liniile de univers ale punctelor A şi B în A_1 şi B_1, puncte ce indică sosirea celor două semnale luminoase.

Se observă că A_1 şi B_1 se găsesc pe o paralelă la axa x, adică sînt simultane (au acelaşi t).

În acelaşi sistem S(x, ct) în repaus se consideră trei puncte A, B, C în mişcare uniformă cu aceiaşi viteză V (fig. 7).

Liniile lor de univers vor fi tot paralele între ele dar înclinate faţă de axa ct.

Semnalele luminoase ce pornesc din C (situat tot la jumătatea distanţei dintre A şi B) vor intersecta liniile de univers ale punctului A şi B în A_1 şi B_1.

Aceste intersecţii nu mai sînt situate pe o paralelă la x, cu alte cuvinte, nu mai sînt simultane în sistemul x, ct (punctul B_1' succede lui A_1').

Pentru un observator care se mişcă şi el cu aceeaşi viteză însă, punctele A_1' şi B_1' vor fi simultane. El va folosi un sistem S'(x', ct') în care punctele A_1' şi B_1' se găsesc pe o paralelă la x' iar liniile de univers ale punctelor considerate sînt paralele cu ct' adică punctele sînt în repaus în acest sistem.

Rezultă, de aici, că sistemul antrenat în mişcare S′ este reprezentat în planul x, ct printr-un sistem oblic de coordonate x′, ct′, cu axele înclinate faţă de cele iniţiale.

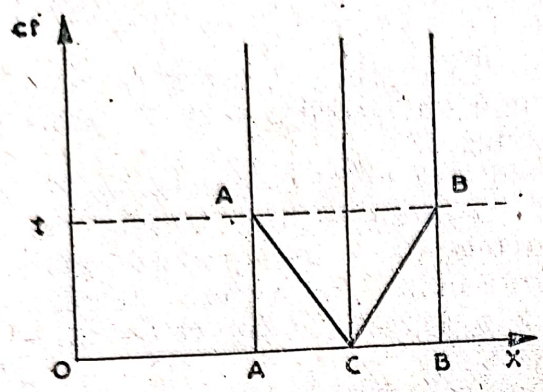


Fig. 6

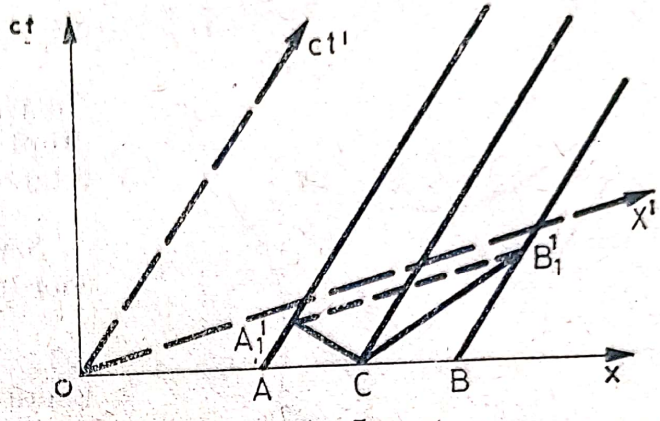


Fig. 7

În concluzie, evenimentele A şi B sînt simultane pentru un observator din S′ şi succesive pentru un observator situat în S, adică simultaneitatea este relativă.

B. — Contracţia Lorentz.

Se consideră două sisteme S şi S′ (fig. 8) care se mişcă unul faţă de altul cu viteza V. În cele două sisteme se fixează etaloanele pentru lungime care, aşa cum s-a arătat mai înainte, vor fi date de intersecţiile curbei etalon $F = +1$ cu axele x şi x′.

Cele două etaloane vor fi OP, respectiv OP′. Pentru toate timpurile, etaloanele considerate vor fi date de cele două benzi cuprinse între ct şi o paralelă la aceasta prin punctul P, iar cealaltă între ct′ şi o paralelă la aceasta prin P′ (v. fig. 8).

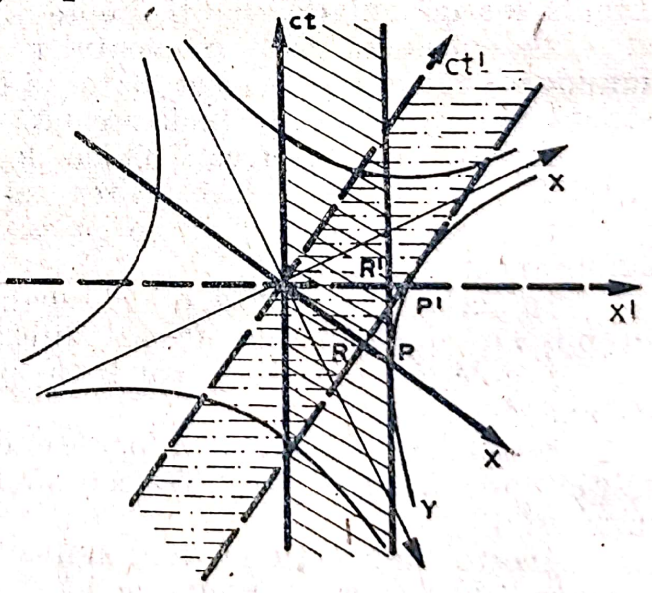


Fig. 8

Dacă un observator în repaus în S′ va efectua o măsurătoare pentru etalonul din S la o observare simultană a capetelor va găsi distanţa OR′ determinată de intersecţia axei x′ cu banda de drepte paralele ce reprezintă etalonul; se vede că $OR' < OP'$, adică etalonul din S apare scurtat în sistemul mobil S′.

Invers, pentru un etalon aflat în repaus în S′, la o observare simultană a capetelor acestuia efectuată de un observator în repaus în S, se va găsi distanţa OR. După cum se vede $OR < OP$, adică etalonul din S′, măsurat de un observator din S apare contractat.

După cum se vede contracția este reciprocă așa cum o cere primul principiu al relativității restrînse.

Această contracție se poate găsi și cu ajutorul transformărilor Lorentz însă această cale nu intră în obiectul prezentei lucrări.

C. — Dilatația timpului.

Considerații corespunzătoare se pot face și pentru determinarea unei durate de timp în cele două sisteme S și S′.

Considerăm că în originea celor două sisteme sînt fixate două ceasornice sincronizate, care arată $t' = 0$ la momentul $t = 0$.

Să vedem ce oră va indica ceasornicul din S atunci cînd cel din S′ arată unitatea de timp. Reamintim că unitățile de timp din cele două sisteme sînt date de intersecțiile axelor ct și ct′ cu curbele etalon, $F = -1$ adică vor fi segmentele OQ respectiv OQ′ (fig. 9).

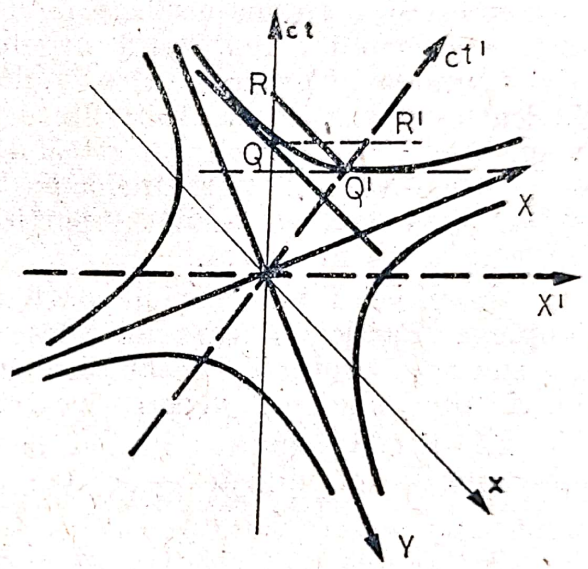


Fig. 9

Pentru a vedea ce oră indică ceasornicul din S cînd cel din S′ arată unitatea de timp vom duce o paralelă prin Q′ la axa x (deoarece cele două momente trebuie să fie simultane), paralela ce intersectează axa ct în punctul R; se vede (v. fig. 9) că $OR > OQ$, adică un interval temporal în sistemul S′ apare dilatat cînd este măsurat în sistemul S.

Analog, pentru a vedea ce va indica ceasornicul din S′ atunci cînd cel din S arată unitatea de timp vom duce prin Q o paralelă la x′ care va intersecta axa ct′ în punctul R′. Și atunci se vede că $OR' > OQ'$; adică timpul apare dilatat.

BIBLIOGRAFIE

Born, M. (1966) Fizica în concepția generației mele, Editura științifică (traducere din limba germană) București.

Born, M. (1969) Teoria relativității a lui Einstein, Editura științifică (traducere din limba germană) București.

Feynman, R. (1969) Fizica modernă, volumul I, Editura tehnică, 1969 (traducere din limba engleză) București.

Gamow, Gr. (1971) Biografia fizicii, Editura științifică, (traducere din limba engleză) București.

Lane, M. (1963) Istoria fizicii, *Editura științifică* (traducere din limba germană) București

Novacu, V. (1966) Electrodinamica, Editura didactică și pedagogică, București.

Stoenescu, A. (1964) Introducere în teoria relativității, ediția II, Editura tehnică, București

Nicolae Bărbulescu (1979) Bazele fizice ale relativității einsteiniene, Editura științifică și enciclopedică, București, 1979.

Paul Sterian (1979) Mecanica relativistă și noțiuni de teoria gravitației, Editura tehnică, București, 1979.

Scanned with OKEN Scanner

MODALITĂȚI DE FORMARE A NOȚIUNILOR DE LEGĂTURI CHIMICE, EXPLICAREA PROPRIETĂȚILOR SUBSTANȚELOR

Prof. *SPĂTĂRESCU MARIA*, Cîmpulung Moldovenesc

Începînd cu clasele a VII-a a VIII-a și continuînd cu anul I sau clasa de liceu (a IX-a) se introduc primele noțiuni de legături chimice.

Astfel elevii sînt indormați despre modelul de atom.

Prin urmare, este considerat că „o masă materială care ocupă centrul atomului și care a fost denumită nucleu, în jurul căruia gravitează — se rotesc — mase materiale — de circa 1800 ori mai mici decît nucleul, numite electroni", reprezintă atomul.

Unitatea structurală a atomului este realizată de forțe electrice. Nucleul este încărcat cu electricitate pozitivă, iar electronii sînt încărcați cu electricitate negativă, astfel că din punct de vedere electric atomul este neutru. Numărul particulelor pozitive din nucleu, care se mai numesc protoni este egal cu numărul particulelor negative, electronii, care se rotesc în jurul nucleului.

Elevii vor fi informați în continuare că însuși nucleul are o structură complexă. Particulele care alcătuiesc nucleul se numesc nucleoni. Nucleonii sînt: — protonii — încărcate cu electricitate pozitivă și neutronii, neutri din punct de vedere electric.

Elevii cunoscîndcă noțiunea de masă atomică se notează cu A și reprezintă — un număr — le dau următoarea relație:

$$A = Z + N \qquad (1)$$

unde Z = numărul atomic (de ordine) sau sarcina nucleară și se află din relația (1)

$$Z = A - N \quad (2) \quad \text{iar} \quad (3)\ N = A - Z$$

— Z mai reprezintă și numărul protonilor deci inclusiv și numărul electronilor.

— N = numărul neutronilor.

Profesorul va desemna modelul atomului de hidrogen, care este cel mai simplu și cel mai ușor.

Nucleul acestui atom conține un singur nucleon — protonul.

Prin urmare protonii sînt nuclee de hidrogen. Toți atomii conțin protoni, neutroni, și electroni ceea ce arată unitatea meterială a lumii.

Atomii elementelor se deosebesc între ei numai prin numărul de particule. Avem deci prilejul de a contribui la formarea concepției materialiste despre lume, la elevi.

Se pot introduce apoi noțiuni foarte sumare despre ioni pozitivi și ioni negativi astfel: există elemente, deobicei metalele a căror atomi în anumite condiții (cedează (în funcție de natura elementului) 1, 2, 3 electroni din ultimul strat.

Scanned with OKEN Scanner

Atomul rămîne în consecinţă cu 1, 2, 3 protoni în plus faţă de numărul electronilor. Spunem că s-a format un ion monovalent, divalent sau trivalent pozitiv. Se vor da şi exemple:

I. $Na. \xrightarrow{-e^-} Na^+$ ion monovalent pozitiv de sodiu

$Ca: \xrightarrow{-2e^-} Ca^{2+}$ ion divalent pozitiv de calciu

$Al: \xrightarrow{-3e^-} Al^{3+}$ ion trivalent pozitiv de aluminiu.

Generalizare: $M \xrightarrow{-1e^-,\ -2e^-,\ -3e^-} M^+,\ M^{2+}\ M^{3+}$

— Atomii nemetalelor în procesele chimice obicei acceptă (sau captează) electroni în ultimul strat. În consecinţă, vor avea sarcini electrice negative. Exemple:

II. $:\dot{\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{Cl}}}\cdot \xrightarrow{+1e^-} Cl^-$ ion negativ monovalent de clor

$:\dot{\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{O}}} \xrightarrow{+2e^-} O^{-2}$ ion negftiv divalent de oxigen

$:\dot{\underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{N}}} \xrightarrow{+3^-} N^{3-}$ ion negativ trivalent de azot

Generalizare: $N_e \xrightarrow{+1e^-,\ +2e^-,\ +3e^-} Ne^-,\ Ne^{2-},\ Ne^{3-}$

În vederea introducerii noţiunilor despre sistemul periodic se ţine seama că elevii cunosc clasificarea elementelor, clasică şi se va îmbunătăţi prin actualizarea noţiunilor de clasificare a elementelor după Mendeleev şi valenţă.

Desigur că se vor lua în consideraţie şi elementele descoperite după Mendeleev pînă în prezent (105). Profesorul scrie pe tablă simbolurile elementelor de la H la Ca. Aşa rezultă tabelul de mai jos:

H^1				H^2			
Li^3	Be^4	B^5	C^6	N^7	O^8	F^9	Ne^{10}
Na^{11}	Mg^{12}	Al^{13}	Si^{14}	P^{15}	S^{15}	Cr^{17}	Ar^{18}
K^{13}	Ca^{20}						

Se va prezenta apoi tabelul complet. Se va cere elevilor să cunoască primele trei perioade fără să apeleze la tabel. Vom da elevilor şi caracteristicile atomului în funcţie de locul său în tabel, indicînd sensul fizic şi chimic al acestor date. Aceste date sînt:

a) A = masa atomică a elementului exprimată în unităţi atomice de masă: $A = Z + N$ deci suma protonilor şi a neutronilor.

Scanned with OKEN Scanner

b) Z = numărul de ordine sau masă — sarcina nucleară — şi reprezintă numărul de protoni din nucleu (respectiv numărul de electroni).

c) N = numărul de neutroni din nucleu ($N = A - Z$) (important pentru izotopi).

Ştiind că numărul Z *ne reprezintă numărul straturilor de electroni* 1, 2, 3 ... sau sau cu litere K, L, M...Q. Se va construi modelul unui atom din perioada a doua sau a treia de exemplu : Azotul se află în perioada a II-a, deci cei $7e^-$ sînt repartizaţi în două straturi avem :

stratul I (K)...$2e^-$ ↘

$7e^- \rightarrow 1s^2\ 2s^2\ 2p^3$ reprezintă configuraţia electro-

stratul II (L)...$5e^-$ ↗

nică. Deci locul unui element în sistemul periodic este determinat de configuraţia sa electronică. O grupă este alcătuită din elemente care au acelaşi număr de e^- în substraturile de acelaşi tip din exterior. O perioadă este formată din elemente la care este în curs de ocupare acelaşi grup de substraturi cu energie apropiată.

Grupele de elemente la care sînt în curs de ocupare substraturi de tip s şi p se numesc grupe principale, iar grupele la care se ocupă substraturi d şi f sînt grupe secundare.

Deci modul de alcătuire a sistemului periodic al elementelor este determinat de structura atomilor elementelor. Aceasta fiind o consecinţă a faptului că proprietăţile elementelor depind de structura învelişului de electroni a atomilor.

De aici o corelare dintre structura elementelor şi sistemul periodic astfel că :

I $\quad \underbrace{H\ \ He}_{1s^{1-2}}$

II $\quad \underbrace{Li\ \ Be}_{2s^{1-2}} \qquad \underbrace{B\ C\ N\ O\ F\ Ne}_{2p^{1-6}}$

III $\quad \underbrace{Na\ \ Mg}_{3s^{1-2}} \qquad \underbrace{Al\ Si\ P\ S\ Cl\ Ar}_{3p^{1-6}}$

IV $\quad \underbrace{K\ \ Ca}_{4s^{1-2}} \qquad \underbrace{Sc\ Ti\ V\ Cr\ Mn\ Te\ Ca\ Ni\ Cu\ Zn}_{3d^{1-10}}$

$\underbrace{Ga\ Ge\ As\ Se\ Br\ Kr}_{4p^{1-6}}$

...etc. Se obţine astfel tot sistemul periodic.

Întrucît proprietăţile chimice ale elementelor sînt determinate de electronii din exterior, elementele din aceeaşi grupă au proprietăţi asemănătoare căci au acelaşi număr de electroni în substraturile exterioare de acelaşi tip.

Scanned with OKEN Scanner

Elementele care au puțini electroni în exterior au tendința de a ceda acești electroni altor elemente, în cursul reacțiilor chimice, transformîndu-se în ioni pozitivi. Acești ioni au o configurație electronică stabilă, de gaz rar. Elementele care au tendința de a ceda electroni sînt numite „elemente electropozitive (sau metale). Elementele cărora le lipsesc puțini electroni pentru a avea configurație de gaz rar au tendința dea primi electroni trecînd deci în ioni negativi — numindu-se „elemente electronegative" (nemetale).

Obiectul de studiu al chimiei știm că-l constituie „substanțele". Substanțele însă nu-s constituite din atomi liberi.

În substanțe, atomii se leagă între ei în diferitele moduri prin așa-numitele „*legături chimice*".

Capacitatea bine determinată a atomilor de a se lega între ei în anumite rapoarte formînd legături chimice este numită „*valență*".

Legăturile dintre atomi, legăturile chimice se realizează cu ajutorul electronilor. Nu însă toți electronii participă la formarea legăturilor chimice ci numai electronii aflați la periferia învelișului atomilor sau electronii ce se găsesc în grupul exterior de substraturi cu energie apropiată.

La elementele din grupele principale stratul exterior (ultimul strat) determină deci capacitatea atomilor de a forma legături chimice, adică valența lor. Stratul exterior de electroni este numit de aceea „strat de valență" iar electronii respectivi electroni de valență.

Elementele din grupele secundare pot forma legături chimice și cu ajutorul unor electroni din substraturile interioare d și f care au un nivel de energie apropiată de cel al electronilor din ultimul strat.

Fiecare atom (neutru) din grupele principale posedă un număr de electroni de valență egal cu numărul grupei în care se află (se notează prin puncte Li., Be. etc).

Atomii grupei I-a (metale alcaline) au $1e^-$ de valență; elementele grupei a II-a (metale alcalino-feroase) au $2e^-$ de valență; iar atomii elementelor din grupa a VII-a (halogeni) au $7e^-$ de valență etc.

Pentru a trece la legăturile chimice (electrovalența, covalență și metalică) folosesc în funcție de ani (I, II, III, IV) sau clase — și de nivelul de pregătire al elevilor diferite tipuri de exerciții legate de: structura atomului, sistemul periodic cît și de îmbinarea celor trei.

Exercițiul 1

a). $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$

b). $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

c). $1s^2 2s^2 2p^5$

d). $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$

Se cere: a) să se determine grupa și perioada din care fac parte elementele respective. b) Caracterul chimic și electrochimic al acestora. c) Legăturile chimice „posibile" ce se pot realiza între atomii de mai sus „luați" diferiți (combinarea b cu c, a cu c, etc. sau identici (a cu a, b cu b, etc).

Exercițiul 2

Ce legătură chimică ia naștere între reacția dintre potasiu și sulf? Explicați prin toate modalitățile posibile formarea legăturilor chimice corespunzătoare.

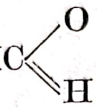
Scanned with OKEN Scanner

Exercițiul 3 Se dau următoarele substanțe: $CaCl_2$; KCl; Cl_2; K_2O; O_2; NH_3; N_2; H_2; H_2S; CH_4; C_2H_2; NH_4Cl;

a) Să se arate care sînt substanțele elementare și care sînt combinațiile chimice?

b) Explicați tipul legăturilor chimice corespunzătoare și modu lor de realizare.

Exercițiul 4 Să se reprezinte structurile următorilor compuși:

a) NH_3 b) H_2O; c)  d) H—CN c) C_2H_4 f) C_6H_6 g) C_3H_6O

(și la masele elevilor, pe grupe, modelarea)

Exercițiul 5 Considerîndu-sde substanțele formate prin electrovalență (e) covalență nepolară (Cn) sau covalență polară (Cp) cu atomi de hidrogen, să se completeze următorul tabel:

Substanța	H_2	LiH	BeH_2	CH_4	NH_3	H.F.	H_3O^+
Legătura chimică	Cn	—	—	—	—	—	—
Formarea structurală	H—H	—	—	—	—	—	—

Exercițiul 6 Să se determine formulele substanțelor rezultate din combinarea oxigenului cu elementele perioadei a II-a a sistemului periodic și să se consemneze tipul legăturilor chimice formate în următorul tabel:

Formula substanței	$Li_2^+O^{2=}$						
Tipul legăturii chimice	ionice						

Exercițiul 7 (de fixare a cunișținețlor predate) Se dau substanțele din următorul tabel:

Substanțe	NaOH	CO_2	Cl_2	KI	NH_4Cl	H_2O	$CHCl_3$	C_2H_6O	C_2H_2	N_2
Tipul legăturilor chimice										
Formule structurale										
Modele										

a). Să se specifice tipul legăturilor chimice corespunzătoare substanțelor de mai sus.

b) Formulele structurale.

c) Realizarea modelelor moleculare.

Scanned with OKEN Scanner

METODA RADARULUI (SAU METODA FACTORULUI k) ÎN TEORIA RELATIVITĂȚII RESTRÎNSE

Prof. *MARIA DUMITRU* *, București

După cum se știe problematica *T*eoriei *R*elativității *R*estrînse (TRR) o constituie descrierea relativă (în raport cu diferite sisteme de referință inerțiale) a fenomenelor fizice (în particular a mișcărilor mecanice) precum și a legăturilor și corelațiilor ce există între diversele descrieri relativ ale aceluiași fenomen fizic. De reamintit succint că prin sisteme de referință inerțiale se înțeleg acele sisteme de referință în care este satisfăcut principiul inerției (prima lege a lui Newton sau legea I-a a dinamicii) și că cele două postulate (acceptate pe baza datelor furnizate de experiență) ale TRR sînt :

I. În raport cu toate sistemele de referință inerțiale fenomenele fizice, indiferent de natura lor, se desfășoară identic.

II. Viteza luminii în vid are aceeași valoare în toate sistemele de referință inerțiale, nedepinzînd de viteza sursei de lumină sau a observatorului.

În majoritatea manualelor expunerea TRR se face avînd ca punct de plecare găsirea transformărilor Lorentz (transformările coordonatelor spațio-temporale ale evenimentelor, compatibile cu postulatele TRR) și diversele probleme ale TRR sînt discutate apoi pe baza respectivelor transformări. În particular problemele cinematice ale TRR (cum sînt : relativitatea lungimilor și a intervalelor temporale și compunerea relativistă a vitezelor) se obțin ca fiind consecințe ale transformărilor Lorentz. Legat de expunerea unor probleme ale TRR (mai ales a problemelor cinematice) este cunoscută în literatură (1,2) și o variantă care nu are ca punct de plecare găsirea transformărilor Lorentz. Această variantă numită *metoda radarului* (*sau metoda factorului k*) se bazează pe un ansamblu de raționamente privind experiențe idealizate de schimburi (emisii și recepții) de semnale radar (luminoase) între observatori ipotetici. Operarea cu experiențe idealizate simple îi conferă metodei menționate un grad de intuitivitate ridicat și o face demnă de interes pentru abordarea învățării TRR. Scopul articolului de față este să expună, pentru cititorii români, o scurtă prezentare a metodei radarului și a modului cum prin această metodă pot fi abordate problemele de cinematică relativistă și chiar pot fi obținute transformările Lorentz.

Ideea de bază a metodei radarului constă în considerarea unui număr de observatori inerțiali, care se mișcă rectiliniu și uniform unul față de altul în lungul aceleiași drepte și care pot schimba între ei (prin emisie și recepție) semnale radar (sau semnale luminoase). Notăm că prin observator inerțial vom înțelege un observator care se află în repaus într-un sistem de referință inerțial. Situația relativă a unor astfel de observatori, văzută din punctul de vedere al unui observator inerțial A ales arbitrar, poate fi ilustrată („vizualizată") prin diagrame bidimensionale de tipul celor arătate în figura 1.

---

* Șc. gen. nr. 170.

Scanned with OKEN Scanner

Pe abscisă se reprezintă spaţiul iar pe ordonată timpul, văzute din punctul de vedere al observatorului A considerat în repaus.

Vom considera în continuare doi observatori inerţiali A şi B aflaţi în mişcare relativă unul faţă de altul (de exemplu B se depărtează rectiliniu cu viteza constantă V_{AB} faţă de A). Vom admite că cei doi obser-

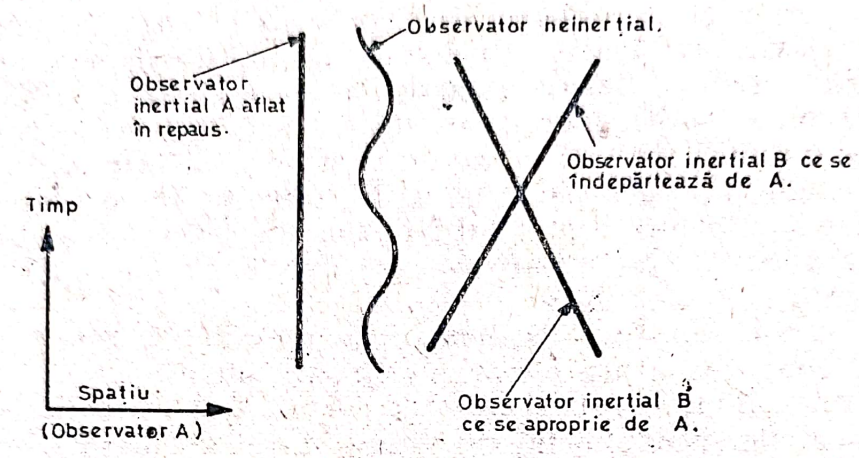


Fig. 1

vatori posedă ceasuri (instrumente de măsurare a timpului)identice. Presupunem că observatorul A trimite succesiv, spre observatorul B, două semnale luminoase. Intervalul de timp măsurat de A între momentele emiterii semnalelor îl notăm cu T. Observatorul B va recepţiona cele două semnale la două momente între care există intervalul de timp k_{AB} T (măsurat însă de B) — vezi figura 2a.

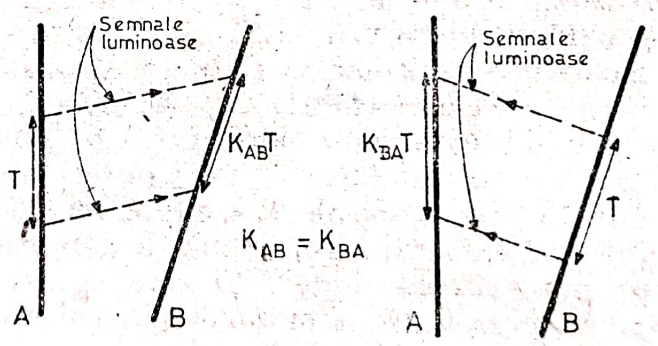


Fig. 2

(indicii A şi B la factorul k au fost introduşi pentru a specifica observatorii la care se referă).

În conformitate cu experienţa admitem că timpul este omogen, adică diferitele momente de timp sînt echivalente între ele în raport cu orice tip de experienţă fizică. Această proprietate a timpului impune ca factorul k_{AB} să nu depindă de timp (de momentele cînd au loc emisiile sau recepţiile semnalelor) şi nici de mărimea intervalului T. Admitem, de asemenea în conformitate cu experienţa, şi faptul că spaţiul este omogen şi izotrop (adică diferitele puncte ale spaţiului respectiv diferitele direcţii în spaţiu sînt echivalente între ele în raport cu orice tip de experienţă fizică). Proprietăţile menţionate ale spaţiului impun ca factorul k_{AB} să nu

depindă nici de poziţia spaţială a observatorilor A şi B nici de orientarea în spaţiu a direcţiei ce trece prin punctele unde se află cei doi observatori. De notat acuma că în conformitate cu principiul I al TRR observatorii A şi B sînt echivalenţi între ei, ambii fiind inerţiali. Această proprietate corelată cu principiul al II-lea al TRR ne permite să afirmăm următoarele; În cazul cînd am întreprinde un experiment „inversat" faţă de cel menţionat mai sus (B ar emite semnalele şi A le-ar recepţiona) intervalul de timp între momentele de emisie — măsurat de B — ar fi T iar cel între momentele de recepţie — măsurat de A — ar fi k_{BA} T cu

$$k_{BA} = k_{AB} \tag{1}$$

Să încercăm acum să vedem de cine depinde factorul k_{AB} şi eventual să găsim expresia lui. Presupunem că A şi B schimbă între ei două semnale luminoase într-o variantă tur-retur, adică: A trimite spre B semnalul luminos şi în momentul cînd acesta îl recepţionează returnează spre A un semnal luminos (lucru care se poate realiza prin reflexia pe o oglindă a semnalului provenit de la A). Dacă intervalul de timp (măsurat de A) între momentele trimiterii semnalelor de către A este T şi în plus alegem momentul trimiterii primului semnal ca fiind identic cu momentul cînd cei doi observatori se află în acelaşi punct, atunci diagrama care ilustrează schimbul tur-retur de semnale între A şi B este cea din figura 3. (De notat că alegerea menţionată nu afectează generalitatea discuţiilor şi în plus, fiind vorba de experienţe idealizate, putem spune că cei doi observatori se află — la un anumit moment în acelaşi punct).

Deoarece alegem ca moment al trimiterii primului semnal de către A momentul cînd B şi A se află în acelaşi punct, acesta este şi momentul recepţionării de către A a primului semnal returnat de B (aceasta deoarece în situaţia respectivă distanţa între A şi B este nulă). Al doilea semnal este trimis de A după un interval de timp T (măsurat de A) şi este recepţionat de B după un interval de timp k_{AB}T(măsurat de B). Intervalul de timp (măsurat de B) între momentele returnării celor două semnale va fi deci k_{AB}T. Aceste două semnale returnate, conform cu relaţia (1), vor fi recepţionate de A la momente separate prin intervalul de timp $k_{BA}(k_{AB}T) = k_{AB}^2T$ (vezi figura 3). Dacă returnarea semnalului în B o concepem ca o întoarcere (prin reflexie) a semnalului venit de la A, din cele de mai sus rezultă că după ceasornicul lui A semnalul al doilea a parcurs traseul de la A la B şi înapoi în timpul $k_{AB}^2T - T = (k_{AB}^2 - 1)T$ (vezi şi figura 3). Atunci timpul de propagare a semnalului al doilea de la A la B va fi $\frac{1}{2}(k_{AB}^2 - 1)$ T iar distanţa între A şi B în momentul returnării semnalului

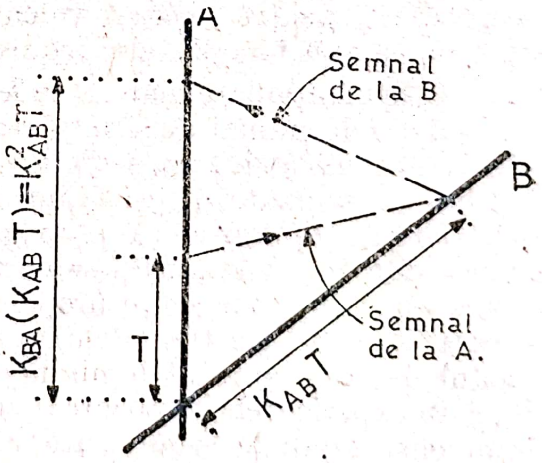


Fig. 3

respectiv de către B va fi $d_{AB} = \frac{1}{2}(k_{AB}^2 - 1)\, Tc$(deoarece semnalul se propagă cu viteza luminii c). Evident că momentul reflexiei semnalului al doilea în B va fi separat de momentul cînd B se află în același punct cu A printr-un interval de timp (măsurat de A) $\Delta t = T + \frac{1}{2}(k_{AB}^2 - 1)\, T =$

$= \frac{1}{2}(k_{AB}^2 + 1)\, T$. Viteza lui B în raport cu A se poate scrie atunci:

$$V_{AB} = \frac{d_{AB}}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2}(k_{AB}^2 - 1)\, Tc}{\frac{1}{2}(k_{AB}^2 + 1)\, T} \qquad (2)$$

Din această relație se poate obține imediat pentru k_{AB} expresia

$$k_{AB} = \frac{\sqrt{1 + \frac{V_{AB}}{c}}}{\sqrt{1 - \frac{V_{AB}}{c}}} \qquad (3)$$

Din relația (3) se vede că dacă viteza relativă a lui B față de A (mărimea V_{AB}) își schimbă semnul factorul k_{AB} se înlocuiește cu $\frac{1}{k_{AB}}$. Aceasta înseamnă că, pentru aceeași valoare absolută a vitezei lui B față de A, apropierea sau îndepărtarea corespund la valori inverse ale factorului k.

Cele menționate mai sus în legătură cu factorul k și în special faptul că el depinde numai de viteza relativă V_{AB} a lui B în raport cu A și de viteza luminii c sînt consecințe directe ale proprietăților de propagare a luminii consemnate în principiul al II-lea al TRR. Respectivele proprietăți derivă din faptul că propagarea luminii nu constă din propagarea unor unde într-un „mediu-suport" (ipoteticul eter) analog cum propagarea sunetelor constă din propagarea unor unde elastice într-un „mediu-suport" (mediu elastic). Pentru a sublinia și mai mult diferența dintre modul de propagare al luminii și al sunetelor menționăm următoarele: Dacă în experiențele idealizate descrise mai sus am folosi în loc de semnale luminoase semnale sonore, atunci factorul k_{AB} ar depinde nu numai de viteza relativă V_{AB} a celor doi observatori ci și de viteza de mișcare relativă a observatorilor A și B în raport cu „mediul-suport" în care se propagă sunetele (desigur k_{AB} ar depinde și de viteza de propagare a undelor în „mediul-suport").

În continuare vom arăta că folosind metoda factorului k pot fi obținute relațiile care descriu compunerea relativistă a vitezelor, sau cele care descriu relativitatea intervalelor temporale și a lungimilor precum și transformările Lorentz.

Scanned with OKEN Scanner

1. Compunerea relativistă a vitezelor.

Să considerăm trei observatori inerțiali A, B, și C aflați unul față de altul în mișcare relativă dar rămînînd tot timpul coliniari. Fie cunoscute V_{AB} viteza lui B față de A și V_{BC} viteza lui C față de B. Se poate pune întrebarea: Care este viteza V_{AC} a lui C în raport cu A?. Pentru a afla răspunsul la această întrebare vom apela la experiențe idealizate de schimburi de semnale luminoase între cei trei observatori. Să presupunem că B este intercalat între A și C și că A trimite spre C două semnale luminoase care desigur că vor trece și prin punctul unde se află B. În momentul cînd semnalele lui A ajung la B acesta la rîndul său lansează semnale luminoase spre C. Conform principiului al II-lea al TRR semnalele provenite de la A și de la B vor ajunge simultan la C. Diagrama care ilustrează schimbul menționat de semnale este dată în figura 4.

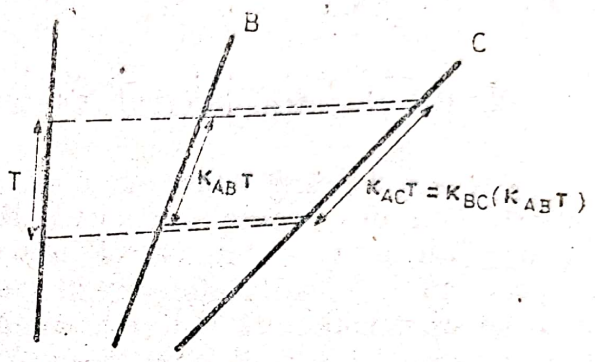


Fig. 4

Dacă intervalul de timp (măsurat de A) între emiterea de către A a celor două semnale va fi T, cele două semnale vor fi recepționate de către B la un interval $k_{AB}T$ (măsurat de B) iar de către C la un interval $k_{AC}T$ (măsurat de C). Dar cînd B recepționează semnalele lui A emite și el semnale — intervalul dintre acestea fiind $k_{AB}T$(măsurat de B). Aceste semnale provenite de la B vor fi recepționate de C la momente separate între ele printr-un interval $k_{BC}(k_{AB}T)$ (măsurat de C). Deoarece la C semnalele de la A sosesc simultan cu semnalele de la B rezultă că avem $k_{AC}T = k_{BC}(k_{AB}T)$ sau

$$k_{AC} = k_{AB}k_{BC} \tag{4}$$

Introducînd pentru factorii k din această relație expresiile lor de tipul (3) avem

$$\frac{\sqrt{1+\frac{V_{AC}}{c}}}{\sqrt{1-\frac{V_{AC}}{c}}} = \frac{\sqrt{1+\frac{V_{AB}}{c}}}{\sqrt{1-\frac{V_{AB}}{c}}} \cdot \frac{\sqrt{1+\frac{V_{BC}}{c}}}{\sqrt{1-\frac{V_{BC}}{c}}} \tag{5}$$

De aici se obține ușor

$$V_{AC} = \frac{V_{AB}+V_{BC}}{1+\frac{V_{AB}\cdot V_{BC}}{c^2}} \tag{6}$$

Această relație oferă răspunsul la întrebarea pusă în sensul că dă viteza lui C în raport cu A dacă este cunoscută viteza lui C în raport cu B și

viteza lui B în raport cu A. Relația (6) nu este altceva decît formula de compunere relativistă a vitezelor. După cum se poate vedea ușor o consecință directă a relației (6) este relația

$$V_{AC} < c \tag{7}$$

oricare ar fi $V_{AB} < c$ și $V_{BC} < c$.

2. Relativitatea intervalelor temporale.

Să considerăm două evenimente care au loc în același punct în raport cu un observator — să zicem B. Intervalul de timp între ele (măsurat de B) îl notăm cu τ_0. Acest interval de timp se numește timp propriu al procesului delimitat de cuplul celor două evenimente. Se pune problema: care este intervalul de timp τ între aceleași două evenimente dar măsurat de un alt observator A (față de care B se mișcă)? Pentru a găsi răspunsul la această întrebare vom apela din nou la metoda factorului k și vom utiliza experiența idealizată ilustrată în figura 3. Vom lua drept cele două evenimente recepția de către B a semnalelor sosite de la A. Evident atunci că $\tau_0 = k_{AB}T$, deoarece cele două evenimente se petrec în același loc din punctul de vedere al lui B. Să vedem care este intervalul τ între cele două evenimente, măsurat de observatorul A. Evident că pentru A primul eveniment (recepția de către B a primului semnal) are loc la momentul $t_{A1} = 0$. Al doilea eveniment (recepția de către B a celui de al doilea semnal) are loc pentru A la momentul $t_{A2} = T + \frac{1}{2}(k_{AB}^2 T - T) = \frac{1}{2}(k_{AB}^2 + 1)T$ (a se vedea și figura 3 și discuțiile purtate mai sus în legătură cu ea). Atunci vom avea $\tau = t_{A2} - t_{A1} = \frac{1}{2}(k_{AB}^2 + 1)T$. Ținînd cont și de relația (3) se poate scrie:

$$\frac{\tau_0}{\tau} = \frac{k_{AB}T}{\frac{1}{2}(k_{AB}^2 + 1)T} = \frac{2k_{AB}}{k_{AB}^2 + 1} = \sqrt{1 - \frac{V_{AB}^2}{c^2}} \tag{8}$$

sau

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - (V_{AB}/c)^2}} \tag{9}$$

Această relație dă răspunsul la întrebarea pusă stabilind pentru un cuplu de două evenimente legătura între intervalul de timp propriu τ_0 (măsurat dintr-un sistem în care evenimentele se petrec în același loc) și intervalul de timp τ măsurat dintr-un alt sistem de referință inerțial. Datorită relației (7) în relația (9) avem $\tau > \tau_0$ oricare ar fi observatorii A și B — fapt pentru care relația (9) este cunoscută și sub denumirea de formula „dilatării" relativiste a intervalelor temporale.

3. Relativitatea lungimilor.

Să considerăm o riglă aflată în repaus faţă de un observator B. Fie l_0 lungimea riglei măsurată de B (l_0 este numită şi lungime proprie). Se pune întrebarea: Care va fi lungimea l a riglei măsurată (cu ajutorul semnalelor luminoase) de către un observator A faţă de care B se mişcă? Pentru simplificarea discuţiilor ne vom referi doar la cazul cînd direcţia de mişcare a lui B faţă de A coincide cu direcţia riglei.

Vom considera că cei doi observatori A şi B îşi aleg originile timpului pe care îl măsoară fiecare în momentul cînd ei se află în acelaşi punct. Momentele de timp reperate pe ceasornicele lui A respectiv B le vom indexa cu literele A şi respectiv B (de exemplu t_{A1} şi t_{B2}). Vom admite în plus că B este plasat în capătul mai apropiat de A al riglei. Pentru a măsura lungimea riglei A trimite la momentul t_{A1} un semnal luminos şi înregistrează, la momentul t_{A4}, reîntoarcerea lui după ce a fost reflectat pe capătul îndepărtat al riglei (punctul B_0' pe figura 5). Momentul reflexiei (măsurat de A) al primului semnal pe capătul îndepărtat al riglei va fi $\theta_{A1} = t_{A1} + \frac{1}{2}(t_{A4} - t_{A1}) = \frac{1}{2}(t_{A4} + t_{A1})$. În mod analog la momentul t_{A2} A va trimite un al doilea semnal şi va înregistra la t_{A3} reîntoarcerea lui după de a fost reflectat pe capătul apropiat al riglei (punctul B_0 pe figura 5). Momentul reflexiei (măsurat de A) al celui de al doilea semnal pe capătul apropiat al riglei va fi $\theta_{A2} = \frac{1}{2}(t_{A3} + t_{A1})$

Pentru ca A să facă o determinare corectă a lungimii riglei el trebuie să repereze simultan (din punctul său de vedere) cele două capete ale riglei — adică să facă $\theta_{A1} = \theta_{A2}$. Aceasta înseamnă că printr-o alegere adecvată a momentelor t_{A1} şi t_{A2} trebuie să asigure îndeplinirea relaţiei

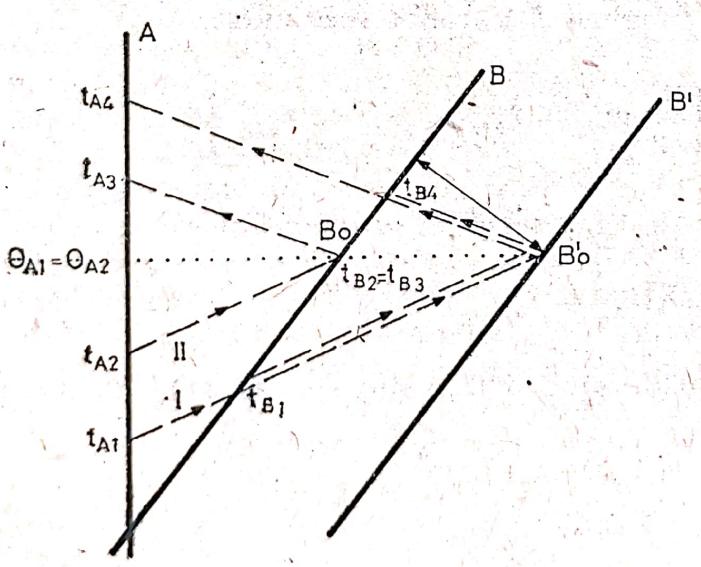


Fig. 5

$$\frac{1}{2}(t_{A1} + t_{A4}) = \frac{1}{2}(t_{A2} + t_{A3}) \qquad (10)$$

Observatorul B situat la extremitatea apropiată (faţă de A) a riglei primeşte primul semnal la momentul (măsurat de B) $t_{B1} = k_{AB} T_{A1}$. În momentul respectiv B trimite şi el un semnal spre capătul îndepărtat a riglei. Conform principiului al II-lea al TRR acest semnal se deplasează odată cu semnalul provenit de la A. Reflectate pe extremitatea îndepărtată a riglei (punctul B_0' pe figura 5) semnalul al doilea trimis de A se reîntoarce la A în momentul t_{A4} (măsurat de A) iar semnalul trimis de

B se reîntoarce la B la momentul t_{B4} (măsurat de B). Conform definiției factorului k între t_{A4} și t_{B4} există relația $t_{A4} = k_{AB} t_{B4}$. Deoarece între momentele t_{B1} și t_{B4} lumina a străbătut rigla dus și întors cu viteza c pentru observatorul B lungimea proprie l_0 a riglei se poate scrie sub forma:

$$l_0 = \frac{1}{2}(t_{B4} - t_{B1})\, c = \frac{1}{2}\left(\frac{t_{A4}}{k_{AB}} - k_{AB}\, t_{A1}\right) c \qquad (11)$$

Semnalul al doilea trimis de A pleacă și se reîntoarce la A în momentele t_{A2} respectiv t_{A3} (măsurate de A) și se reflectă pe capătul apropiat al riglei la momentul t_{B2} (măsurat de B). Conform definiției factorului k avem $t_{B2} = k_{AB} t_{A2}$ și $t_{A3} = k_{AB} t_{B2}$. De aici rezultă:

$$t_{A3} = k_{AB}^2 t_{A2} \qquad (12)$$

Lungimea riglei măsurată de observatorul A este dată de diferența distanțelor de la el și pînă la extremitatea îndepărtată respectiv apropiată a riglei, cu condiția ca aceste distanțe să fie determinate simultan (în raport cu A). Ultima condiție este asigurată de relația (10). În conformitate cu cele discutate (vezi și figura 5) distanța între A și extremitatea îndepărtată este $d_{AB_0}' = \frac{1}{2}(t_{A4} - t_{A1})\, c$ iar între A și extremitatea apropiată este $d_{AB0} = \frac{1}{2}(t_{A3} - t_{A2})\, c$ (De reținut că aceste distanțe sînt determinate din punctul de vedere al observatorului A). Atunci observatorul A va lua drept lungime l a riglei mărimea:

$$l = d_{AB_0}' - d_{AB_0} = \left\{\frac{1}{2}(t_{A4} - t_{A1}) - (t_{A3} - t_{A2})\right\} c \qquad (13)$$

Ținînd cont de relația (10) din (13) rezultă:

$$l = c(t_{A2} - t_{A1}) \qquad (14)$$

Pe de altă parte folosind relațiile (10) și (12) din relația (11) obținem

$$l_0 = \frac{c}{2}\left(\frac{t_{A2} + t_{A3} - t_{A1}}{k_{AB}} - k_{AB} t_{A1}\right) =$$

$$= \frac{c}{2}\left(\frac{t_{A2} + k_{AB}^2 t_{A2} - t_{A1}}{k_{AB}} - k_{AB} t_{A1}\right) =$$

$$= c\,\frac{k_{AB}^2 + 1}{2k_{AB}}(t_{A2} - t_{A1}) \qquad (15)$$

Din (14) și (15) rezultă atunci:

$$l = l_0 \frac{2k_{AB}}{k_{AB}^2 + 1} \tag{16}$$

Folosind pentru k_{AB} expresia (3) relația (16) se transcrie sub forma:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{V_{AB}^2}{c^2}} \tag{17}$$

Această relație răspunde chestiunii formulate și dă expresia lungimii l a riglei în raport cu un observator A față de care rigla se mișcă cu viteza V_{AB}. Din (17) se vede ușor că $l < l_0$, fapt datorită căruia relația (17) este cunoscută și sub denumirea de formula de „contracție" relativistă a lungimilor.

4. Deducerea transformărilor Lorentz.

Conform uzanțelor numim eveniment fizic (sau simplu eveniment) ceva care se petrece la un moment dat de timp într-un punct dat al spațiului. Evenimentele fizice pot fi reperate în principiu, cu ajutorul semnalelor luminoase de diferiți observatori. Folosind semnalele luminoase pe care le emit sau le recepționează (după ce au fost emise sau reflectate în anumite puncte) observatorii pot stabili distanțele spațiale pînă la punctele unde au loc evenimentele (adică coordonatele spațiale ale punctelor respective) precum și momentele de timp cînd au loc evenimentele (adică coordonatele temporale ale evenimentelor). Desigur că valorile coordonatelor spațio-temporale ale evenimentelor depind de observatorul care le determină. Deoarece observatorii pot să comunice între ei, în contextul considerațiilor de mai sus, trebuie menționat că prezintă importanță să se cunoască legăturile ce există între coordonatele spațiale și temporale ale aceluiași eveniment determinate de doi observatori inerțiali diferiți. Această chestiune este rezolvată de transformările Lorentz pe care le vom prezenta în continuare apelînd din nou la metoda factorului k.

Fie A și B cei doi observatori inerțiali, B mișcîndu-se față de A cu viteza V_{AB} și un eveniment ce are loc într-un punct P. Vom lua în discuție un caz mai simplu cînd punctul P este și rămîne coliniar cu cei doi observatori, B fiind cuprins între A și P. Alegînd axele Ox și O'x', ale sistemelor de referință S_A și S_B în care A și B sînt în repaus, orientate în sensul de mișcare al lui B și în plus considerînd cei doi observatori plasați în originea axelor atunci coordonatele x și respectiv x' ale evenimentului vor fi definite prin distanțele de la A respectiv B pînă la punctul P. Originea timpului, pentru ambii observatori, o considerăm a fi momentul cînd cei doi observatori se află în același punct.

Vom considera evenimentul ce are loc în P ca fiind reflexia în P a unui semnal luminos trimis de A și returnat înapoi spre A. Diagrama ilustrativă a experimentului de transmitere a semnalului luminos de la

A către P și a întoarcerii lui din P către A este dată în figura 6. Momentele emiterii respectiv recepției semnalului de către A vor fi t_{A1} și t_{A2} (măsurate de A). Momentele trecerii dus respectiv întors a semnalului prin punctul unde se află B vor fi t_{B1} și t_{B2} (măsurate de B). Evident că dacă la momentul t_{B1} observatorul B trimite un semnal luminos spre P acest semnal, după reflexia în P, se va reîntoarce la B în momentul t_{B2} (vezi figura 6). Avînd în vedere definiția factorului k_{AB} de pe figura 6 se vede ușor că putem scrie relațiile :

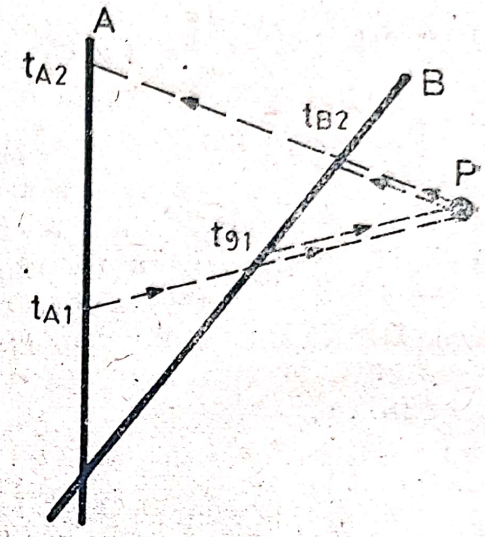


Fig. 6

$$t_{B1} = k_{AB} t_{A1}, \quad t_{A2} = k_{AB} t_{B2} \tag{18}$$

În rapot cu A evenimentul are coordonata spațială x dată de distanța între A și P în momentul reflexiei semnalului, adică :

$$x = \frac{1}{2}(t_{A2} - t_{A1})\, c \tag{19}$$

ar coordonata temporală, în raport cu A, a evenimentului va fi

$$t = t_{A1} + \frac{1}{2}(t_{A2} - t_{A1}) = \frac{1}{2}(t_{A1} + t_{A2}) \tag{20}$$

În mod analog în raport cu observatorul B evenimentul are coordonatele spațială x′ și temporală t′ definite prin relațiile :

$$x' = \frac{1}{2}(t_{B2} - t_{B1})\, c \tag{21}$$

$$t' = \frac{1}{2}(t_{B1} + t_{B2}) \tag{22}$$

De reținut că în (19) și (21) apare aceeași valoare c pentru viteza luminii în conformitate cu principiul al II-lea al TRR.

Problema de a găsi legătura ce există între coordonatele spațio-temporale ale evenimentului în raport cu A și cele în raport cu B se reduce la aflarea legăturii între x și t din (19)—(20) pe de o parte și între x′ și t′ din (21)—(22) pe de altă parte. Se vede ușor că din relațiile (18)—(22) se poate scrie

$$t' - \frac{x'}{c} = t_{B1} = k_{AB} t_{A1} = k_{AB}\left(t - \frac{x}{c}\right)$$

$$t' + \frac{x'}{c} = t_{B2} = \frac{1}{k_{AB}} t_{A2} = \frac{1}{k_{AB}}\left(t + \frac{x}{c}\right) \tag{23}$$

Scanned with OKEN Scanner

Din aceste relații, prin scădere respectiv adunare obținem :

$$x' = \frac{k_{AB}^2 + 1}{2k_{AB}} x - \frac{k_{AB}^2 - 1}{2k_{AB}} ct \tag{24}$$

$$t' = \frac{k_{AB}^2 + 1}{2k_{AB}} t + \frac{k_{AB}^2 - 1}{2k_{AB}\, c} x \tag{25}$$

Înlocuind aici k_{AB} cu expresia sa dată de relația (3) obținem :

$$x' = \frac{x - V_{AB}\, t}{\sqrt{1 - (V_{AB}/c)^2}} \tag{26}$$

$$t' = \frac{t - \frac{V_{AB}}{c^2} x}{\sqrt{1 - (V_{AB}/c)^2}} \tag{27}$$

Acestea sînt tocmai transformările Lorentz care dau legătura între coordonatele spațio-temporale ale evenimentului determinate în raport cu A(x și t) și cele determinate în raport cu B(x′ și t′).

În încheiere se poate deci conclude că principalele probleme ale cinematicii TRR pot fi discutate cu ajutorul metodei factorului k (metoda radar).

BIBLIOGRAFIE

1. *V. Ougarov*, Theorie de la relativiste restreinte, Editions Mir, Moscou 1974.
2. *H. Bondi*, Assumption and myth in physical theory, Cambridge University Press 1967 (versiunea în limba rusă, Izd. Mir, Moskva 1972).

SISTEMELE DISPERSE MOLECULARE

Prof. *HULPOI ARETA*, Prof. *DRAGOMIR ELENA*, Iași

a) În natură substanțele sînt adesea sub formă de amestecuri. Un sistem frmat dintr-o substanță oarecare, în care se găsește repartizată o altă substanță sub formă de particole foarte mici se numește *sistem dispers*. Sistemele disperse sînt alcătuite din *faza dispersă* și *mediul de dispersie*, iar după gradul de amestecare sînt *omogene* și *heterogene*. Clasificările sistemelor disperse sînt multiple, dar după gradul de mărunțire acestea cuprind :

1. *dispersiile grosiere* care au diametrul particolelor dispersate $d > 100$ mμ : emulsiile ; suspensiile ; aerosolii.
2. *dispersiile coloidale*, care au diametrul particolelor $1 < d < 100$ mμ.
3. *dispersiile moleculare* (soluțiile propriu-zise) au $d < 1$ mμ.

Dispersiile moleculare sînt amestecuri omogene în care gradul de dispersie este moleclar sau ionic. La ele, moleculele (ionii) substanței dispersate sînt distribuite uniform printre particolele solventului.

Sistemele disperse sînt mult răspîndite în natură și le întîlnim în cele mai diverse ramuri industriale. Biologia, farmacia, agronomia, meteorologia și alte ramuri ale științelor folosesc concluziile fizico-chimice ale sistemelor disperse.

b) *Soluțiile* sînt microsisteme omogene, realizate prin difuzia moleculelor sau ionilor substanței disperse printre moleculele mediului de dispersie, fenomen care se datorește mișcării neîntreprupte a moleculelor, iar viteza de mișcare a acestora este funcție de energia lor cinetică.

O soluție este deci un amestec monofazic de două sau mai multe substanțe, cu compoziție variabilă, ce nu interacționează chimic.

Soluțiile sînt specii foarte importante de materie atît pentru industrie cît și pentru viață. Oceanul este o soluție apoasă, care conține mii de componenți: ioni de metale, nemetale, ioni complecși anorganici, numeroase substanțe organice. Primul organism viu s-a dezvoltat în soluție și din soluție a obținut ionii și moleculele necesare pentru creștere și viață. În decursul timpului, organismele au evoluat și părăsind mediul lor apos, au început să se miște pe uscat și în aer. Ele au căpătat această obișnuință ducînd cu ele soluția apoasă ca lichid de țesuturi, plasma sîngelui și lichid intracelular, conținînd adaosul necesar de ioni și de molecule.

Soluțiile se deosebesc de substanțele pure, caracterizate prin constante fizice bine determinate, proprietățile soluțiilor depind de compoziție, pentru că nu cuprind o singură specie moleculară, ci două sau mai multe. Soluțiile sînt sistemele în care o substanță este distribuită uniform în mediul unei alte sau mai multe substanțe, așadar soluția este o fază condensată, lichidă sau solidă formată din componenți miscibili, între care se exclud reacțiile chimice.

Soluțiile se clasifică după mai multe criterii:

- **a) Starea fizică a componenților** →
  - 1. Soluții gazoase
  - 2. „ lichide
  - 3. „ solide
- **b) Raportul dintre cantitatea de substanță dizolvată și solubilitatea substanței respective la o temperatură;**
  - 1. Soluții saturate respectiv (suprasaturate)
  - 2. Soluții nesaturate
- **c) Numărul componenților**
  - Soluții binare
  - Soluții multicomponente
- **d) Din punct de vedere termodinamic** → *potențialul chimic al component.* →
  - Soluții ideale
  - Soluții diluate ideale
  - Soluții reale
  - Soluții regulare.
  - Soluții atermice.

Scanned with OKEN Scanner

c) *Proprietățile soluțiilor moleculare sînt:*
1. *difuziunea.*
2. *osmoza; presiunea osmotică*
3. *micșorarea presiunii de vapori al soluțiilor diluate de neelectroliți*
5. *urcarea punctului de fierbere al soluțiilor diluate de neelectroliți*
5. *coborîrea punctului de solidificare al soluțiilor de neelectroliți.*

Cu excepția difuziunii, ultimele 4 proprietăți servesc pentru determinarea masei molare a substanței dizolvate în soluție conform schemei:

Determinarea masei moleculare a substanței dizolvate în soluție se face prin intermediul

↓

Mărimi coligative ale soluțiilor
(mărimi ce au aceeași fracție molară a solventului și care depind numai de numărul moleculelor dizolvate)

1) *Scăderea relativă a presiunii de vapori*

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{m_2 \cdot M_1}{m_1 \cdot M_2}$$

$$M_2 = M_1 \cdot \frac{m_2 \cdot p}{m_1 \cdot \Delta p}$$

2) *Ridicarea punctului de fierbere (ebulioscopia)*

$$\Delta T_f = K_{ebul.} \cdot \frac{1000 \cdot m_2}{m_1 \cdot M_2}$$

$$M_2 = \frac{1000 \cdot m_2}{m_1 \cdot \Delta T_f} \cdot K_{ebul}$$

3) *Coborîrea punct de soldificare (crioscopia)*

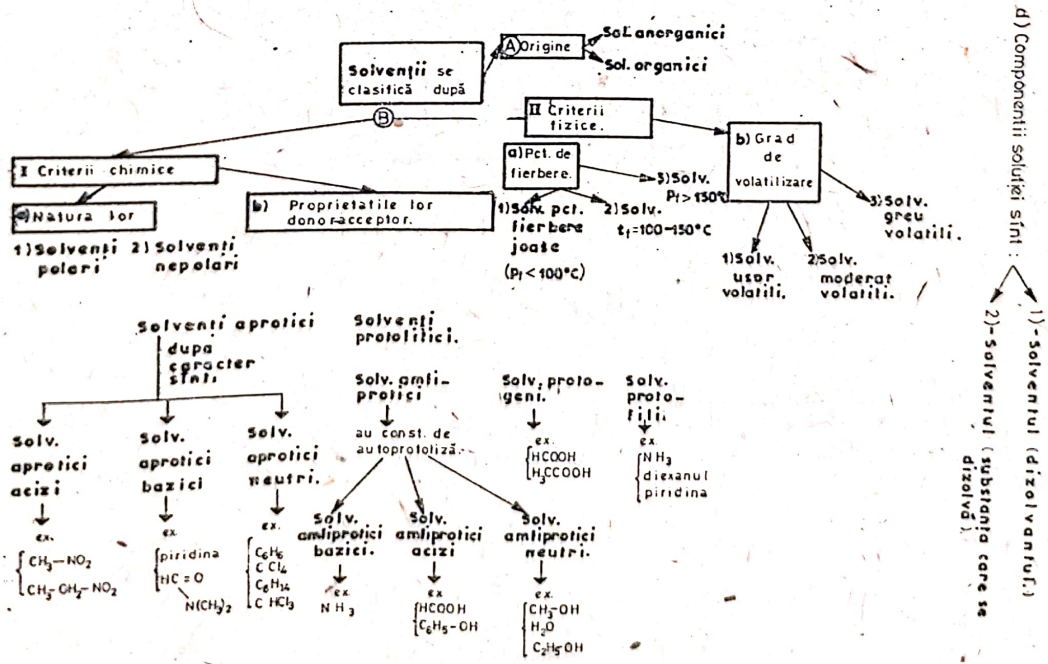
$$\Delta T_s = \frac{1000 \cdot m_2}{M_2 \cdot m_1} \cdot K_{crioscop}$$

$$M_2 = \frac{1000 \cdot m_2}{m_1 \cdot \Delta T} \cdot K_{crioscop}$$

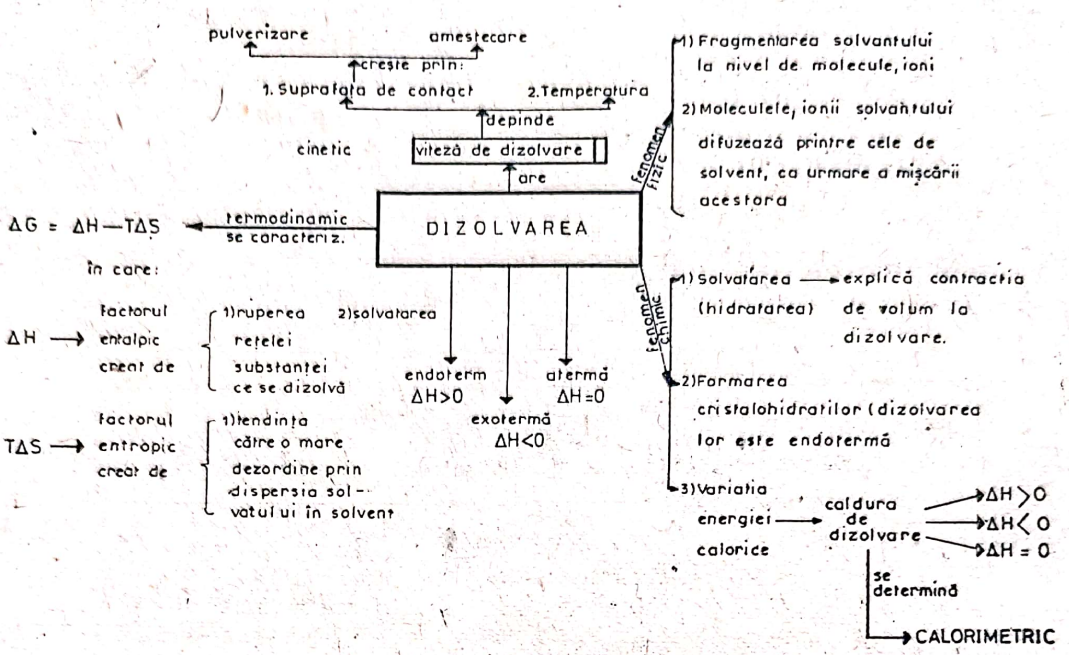
4) *Presiunea osmotică*

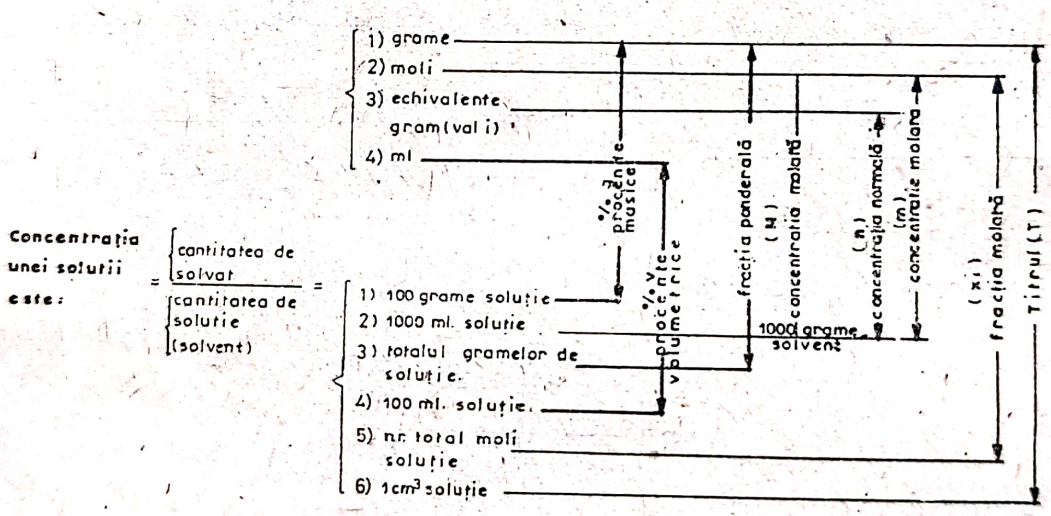
$$M_2 = \frac{m_2 \cdot R \cdot T}{\pi \cdot v}$$

d) *Componenții coluției sînt:* →**Solventul (dizolvantnl)**
→*Solvatul (substanța care se dizolvă).*



5) Dizolvarea = este fenomenul de bază în obținerea soluțiilor.





BIBLIOGRAFIE

Linus Pauling — Chimie generală ; *Liviu Literat* — Chimie generală ; *Metodiu Răileanu* — Rolul solvenților în reacțiile compușilor organici. *V. T. Mărculețiu* — Probleme de chimie pentru concursul de admitere în învățământul superior ; *N. Calu* — Lucrări practice de chimie anorganică.

Scanned with OKEN Scanner

RADIAȚII COSMICE

Fizician *MALINOVSCHI VIOREL* — Pitești

I. INTRODUCERE

Radiațiile cosmice reprezintă un flux de particule încărcate și neutre care ajung pe Pămînt din spațiul cosmic.

Radiațiile cosmice primare sînt formate din protoni (93%), particule α (6,3%) și nuclee mai grele, care pătrund în atmosfera Pămîntului. Cea mai mare parte a radiațiilor cosmice primare au energia de 10^9-10^{10}eV (cele care au energii mai mici nu pătrund în atmosfera Pămîntului datorită faptului că sînt deviate de către cîmpul magnetic al Pămîntului), dar se întîlnesc și particule cu energii de 10^{20} eV.

În urma interacțiunii radiațiilor cosmice primare cu nucleele atomilor care intră în compoziția atmosferei Pămîntului, apar particule noi și anume mezoni de diferite tipuri a căror dezintegrare duce la apariția electronilor (e^-), pozitronilor (e^+) și a radiațiilor γ. Aceste particule intră în componența radiațiilor cosmice secundare și ele formează radiația cosmică detectată la suprafața Pămîntului.

Radiația cosmică secundară care ajunge în straturile inferioare ale atmosferei se împarte în componenta moale și dură.

Componenta moale constă din e^-, e^+ și radiații γ, care sînt puternic absorbite de substanță. Absorbția componentei moi depinde de numărul atomic Z al substanței cu care interacționează și ea este complet absorbită de un strat de plumb cu grosimea de 10 cm. Mecanismul de absorbție al componentei moi se explică prin formarea jerbelor electrono-fotonice. Explicăm acest proces.

Unul din procesele posibile de pierdere a energiei de către o particulă rapidă încărcată constă în emisia rădiațiilor de frînare, adică în emisia de radiații electromagnetice la trecerea particulei prin cîmpul electrostatic al nucleelor atomilor. Se poate demonstra că pierderile de energie ale unei particule încărcate prin procesul emisiei radiațiilor de frînare sînt direct proporționale cu pătratul accelerației particulei și, deci, invers proporționale cu pătratul masei:

$$\left(\frac{dE}{dx}\right)_{\substack{\text{rad. fr.}\\ Z=\text{const.}}} \sim a^2 \sim \frac{1}{m^2} \qquad (1)$$

Deoarece intensitatea radiației de frînare este invers proporțională că pătratul masei, rezultă că procesul de pierdere al energiei prin emisia radiațiilor de frînare este nesemnificativ pentru particulele grele încărcate (protoni, particule α, etc.) și este foarte important pentru particulele ușoare încărcate (electroni).

Radiațiile γ care apar în urma dezintegrării mezonilor $\pi^\circ(\pi^\circ \to 2\gamma)$ au o energie $E_\gamma > 2m_e c^2$ și au posibilitatea creării perechilor $e^-—e^+$, care la rîndul lor își pierd energia prin emisie de radiații de frînare. Radiațiile de frînare nou apărute generează la rîndul lor alte perechi $e^-—e^+$ și procesul se continuă pînă cînd $E_\gamma < 2m_e c^2$ (vezi fig. 1).

Scanned with OKEN Scanner

Acest proces poartă denumirea de jerbă electrono-fotonică, deoarece după fiecare ciclu numărul de particule din jerbă se dublează. Creşterea foarte rapidă a numărului de particule care participă la acest proces duce la redistribuirea rapidă a energiei iniţiale a particulei primare între un număr foarte mare de electroni şi fotoni, proces în urma căruia particula este absorbită. Astfel se explică mecanismul de absorbţie al componentei moi.

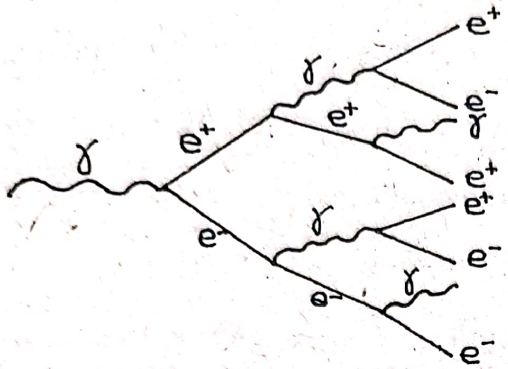


Fig. 1

Componenta dură constă din μ-mezoni, care sînt slab absorbiţi de substanţă şi a căror absorbţie depinde foarte slab de numărul atomic Z al substanţei.

Majoritatea μ-mezonilor se formează în straturile superioare ale atmosferei. Ei apar în urma dezintegrării π-mezonilor care se formează în urma interacţiunii radiaţiei cosmice primare cu nucleele atomilor din atmosfera Pămîntului :

$$\pi \to \mu + \nu \quad (\tau \sim 10^{-8}\ \text{s}),$$

unde τ — timpul de viaţă al π-mezonului.

Împreună cu neutrinul şi electronul, μ-mezonul formează clasa leptonilor. El este o particulă instabilă şi se dezintegrează după schema :

$$\mu^- \to e^- + \tilde{\nu}_e + \nu_\mu; \quad \mu^+ \to e^+ + \nu_e + \tilde{\nu}_\mu \ (\tau_{0\mu} \sim 2{,}2.10^{-6}\ \text{s}),$$

unde :

$\tau_{0\mu}$ — este timpul de viaţă al μ-mezonului aflat în repaus.

Masa mezonului μ este de aproximativ 207 ori mai mare decît masa electronului şi la fel ca şi electronul el nu participă la interacţiunile tari (nucleare).

Dezintegrarea μ-mezonului este un exemplu de interacţiune slabă (cu ajutorul interacţiunii slabe se explică dezintegrarea particulelor elementare şi dezintegrarea β a nucleelor) în care nu participă hadronii. Aceasta permite studiul interacţiunii slabe pure.

Determinarea experimentală a timpului de viaţă al μ-mezonului permite să se calculeze constanta interacţiunii slabe (G). Se poate demonstra că probabilitatea de dezintegrare a μ-mezonului (W) este dată de relaţia :

$$W = \frac{1}{\tau_{0\mu}} = \frac{G^2 m_\mu^5 c^4}{192\pi^3 \hbar^7}, \qquad (2)$$

unde :

$m_\mu c^2 = 105{,}6$ MeV este masa de repaus a μ-mezonului;
$\tau_{0\mu}$ — timpul mediu de viaţă al μ-mezonului aflat în repaus ($\tau_{0\mu}^+ = \tau_{0\mu}^-$).

Lucrarea de față își propune să descrie unele metode care permit studiul compoziției radiației cosmice secundare și determinarea timpului de viață al μ mezonului.

Determinarea experimentală a timpului de viață al μ-mezonului și compararea lui cu timpul teoretic de viață constituie una din cele mai simple verificări a teoriei relativității.

Pe de altă parte, cunoașterea lui $\tau_{0\mu}$ permite calculul cu ajutorul formulei (2) a valorii constantei universale G în interacțiunea slabă.

II. *DETERMINAREA TIMPULUI DE VIAȚĂ* ($\tau_{lab.}$) *AL* μ*-MEZONULUI ÎN SISTEMUL LABORATOR (PĂMÎNT).*

Una din metodele experimentale folosite pentru determinarea lui τ_{lab} constă în măsurarea distribuției unghiulare a componentei dure din radiația cosmică secundară la nivelul mării.

Deoarece μ-mezonii se crează în straturile superioare ale atmosferei Pămîntului, ei parcurg întreaga atmosferă (~ 900 g/cm^2). La trecerea lor prin atmosferă ei sînt parțial absorbiți și parțial se dezintegrează.

Mezonii care se deplasează sub un unghi φ față de verticală (fig. 2) și care ajung la nivelul mării, parcurg în atmosferă un drum de $\frac{1}{\cos\varphi}$ ori mai mare decît cei care se deplasează pe verticală.

Din această cauză probabilitatea de dezintegrare este mai mare pentru mezonii care se deplasează sub unghiul φ față de verticală. Deoarece o dată cu creșterea unghiului φ crește și lungimea drumului parcurs de mezoni din punctul unde a fost generat și pînă la nivelul mării, va crește și absorbția datorată pierderilor de energie prin ionizare. Din această cauză, ambii factori duc la micșorarea intensității μ-mezonilor, dacă crește unghiul φ.

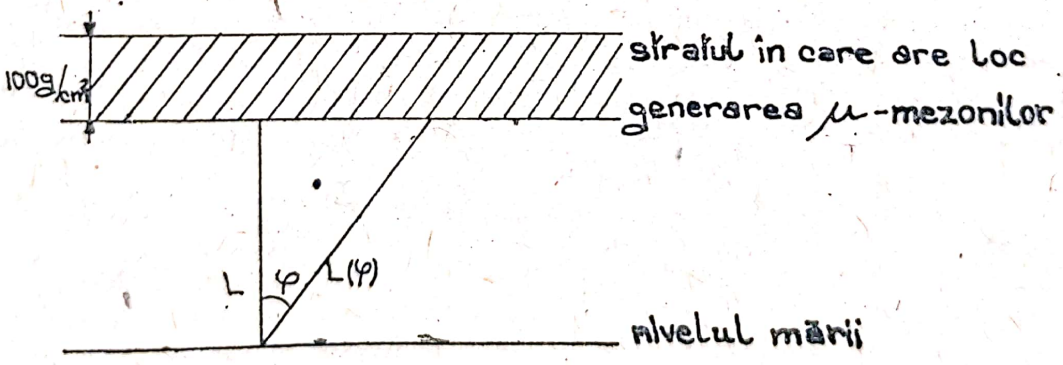


Fig. 2

Determinările experimentale ale intensității fasciculului de μ-mezoni efectuate la diferite adîncimi sub pămînt (pentru mezonii care se deplasează vertical pe suprafața Pămîntului) au arătat că numărul de mezoni μ, $N(x)$, variază cu grosimea x a stratului străbătut după legea:

$$N(x) = \left(\frac{1000}{1000 + x}\right)^{1,6} = \left(\frac{1000}{\xi}\right)^{1,6}, \qquad (3)$$

unde:
$\zeta = 1000 + x$ reprezintă cantitatea totală de substanță (exprimată în g/cm²) parcursă de μ-mezoni de la locul generării lor pînă în punctul unde se face determinarea. Pentru cazul nostru (vezi fig. 2) $\zeta = \frac{1000}{\cos \varphi}$, deoarece determinările se fac la nivelul mării și cantitatea de substanță străbătută variază datorită variației unghiului φ.

Rezultă că numărul de mezoni care ajung în sistemul de detectare amplasat la nivelul mării variază în funcție de unghiul φ datorită procesului de absorbție al μ-mezonilor după legea:

$$P_a(\varphi) \sim (\cos \varphi)^{1,6} \tag{4}$$

Dar, odată cu creșterea unghiului φ crește și lungimea drumului parcurs de mezoni și deci crește și probabilitatea de dezintegrare a μ-mezonilor. Dacă notăm cu $N_0(\varphi)$ numărul de mezoni care ar fi înregistrați de sistemul de detectare în absența procesului de dezintegrare, atunci numărul de mezoni rămași nedezintegrați după timpul t necesar mezonilor pentru a parcurge drumul de la locul generării pînă la sistemul de detectare este dat de legea:

$$N(\varphi) = N_0(\varphi) \exp\left(-\frac{t}{\tau_{lab}}\right); \text{ unde } t = \frac{L(\varphi)}{v}$$

Deci:

$$N(\varphi) = N_0(\varphi) \exp\left(-\frac{L(\varphi)}{\tau_{lab} \cdot v}\right) \tag{5}$$

Deoarece nu se poate cunoaște numărul de μ-mezoni care apar în urma dezintegrării π-mezonilor, pentru determinarea timpului de viață al μ-mezonilor trebuie să se cunoască valoarea raportului dintre numărul de μ-mezoni înregistrați de sistemul de detectare pentru două unghiuri diferite. În acest caz mărimea necunoscută se simplifică și obținem:

$$\frac{N(\varphi)}{N(0^\circ)} = \frac{(\cos \varphi)^{1,6}}{1} \times \frac{\exp\left(\frac{-L(\varphi)}{v}\right)}{\exp\left(\frac{-L_0}{\tau_{lab} \cdot v}\right)} \tag{6}$$

Din fig. 2 se observă că $L(\varphi) = \frac{L_0}{\cos \varphi}$.

Înlocuind pe $L(\varphi)$ în formula (6) obținem după calcule simple valoarea lui $\tau_{lab.}$:

$$\tau_{lab.} = \frac{\frac{L_0}{v}\left(\frac{1}{\cos} - 1\right)}{\ln\left(\frac{N(0^\circ)}{N(\varphi)} \cdot (\cos \varphi)^{1,6}\right)} \tag{7}$$

Scanned with OKEN Scanner

Procesul de absorbție poate fi eliminat din calcul dacă deasupra sistemului de detectare se introduce un strat de absorbant cu o astfel de grosime încît să compenseze diferența dintre numărul de mezoni absorbiți în atmosferă sub unghiuri diferite. În acest caz, deoarece cantitățile de substanță aflate deasupra sistemului de detectare sînt aceleași atît pentru mezonii care se deplasează pe verticală, cît și pentru cei care se deplasează sub unghiul φ, diferența dintre $N(\varphi)$ și $N(0°)$ se va datora numai procesului de dezintegrare și formula (7) devine:

$$\tau_{lab.} = \frac{\frac{L_0}{v}\left(\frac{1}{\cos\varphi} - 1\right)}{\ln\left(\frac{N(0°)}{N(\varphi)}\right)} \tag{8}$$

De asemenea putem elimina din formula de calcul a lui $\tau_{lab.}$ dependența de unghiul φ, dacă s-ar face pentru $\varphi = 0°$ două determinări a numărului de μ-mezoni: una la nivelul mării (N) și una pe un munte înalt de înălțime $h \rightarrow (N_0)$

Deoarece procesul de absorbție s-a eliminat prin așezarea deasupra sistemului de detectare aflat la înălțimea h a stratului de absorbant așa cum s-a explicat mai sus, dependența dintre N și N_0 este dată de legea dezintegrării radioactive:

$$N = N_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau_{lab.}}\right), \text{ unde } t = \frac{h}{v}.$$

Deci:

$$\tau_{lab.} = \frac{\frac{h}{v}}{\ln\left(\frac{N_0}{N}\right)} \tag{9}$$

În laboratorul de detectare și măsurare a radiațiilor din cadrul Liceului de matematică și fizică Nr. 1 Pitești, a fost realizată o instalație pentru determinarea compoziției radiației cosmice secundare și a timpului de viață al μ-mezonilor (τ_{lab}), al cărei principiu de funcționare se bazează pe măsurarea experimentală a distribuției unghiulare a μ-mezonilor.

Părțile principale ale instalației sînt: telescopul, sistemul de rotire al telescopului, schema de coincidență (SC) și numărătorul (N_c), iar schema bloc a instalației este dată în fig. 3 unde:

D_1, D_2 — grupele de detectare care intră în componența telescopului

Pb — filtrul de plumb cu grosimea variabilă, care se introduce între detectoarele D_1 și D_2 pentru determinarea experimentală a curbei de absorbție și pentru separarea componentei dure de cea moale în cazul măsurării distribuției unghiulare a μ-mezonilor.

Telescopul folosit pentru detectarea radiației cosmice a fost realizat din 2 grupe de contoare Geiger-Müller G-24W, în fiecare grupă aflîndu-se

Scanned with OKEN Scanner

cîte 3 detectoare dispuse așa cum se arată în fig. 4. Folosirea cîtorva detectoare în loc de unul permite mărirea numărului de particule înregistrate și în acest fel creșterea preciziei determinărilor. Un astfel de sistem detectează toate particulele care vin spre el sub un unghi $\varphi \pm \Delta\varphi$ (vezi fig. 4). În cazul nostru $\Delta\varphi = 4°$, ceea ce asigură posibilitatea măsurării distribuției unghiulare din 10° în 10°.

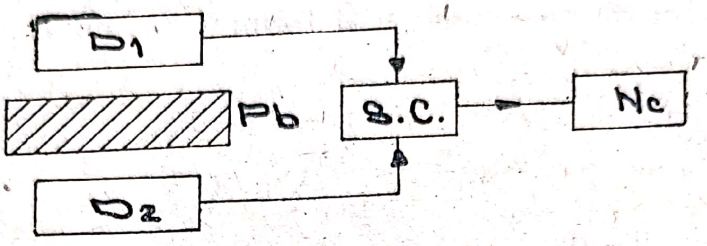


Fig. 3

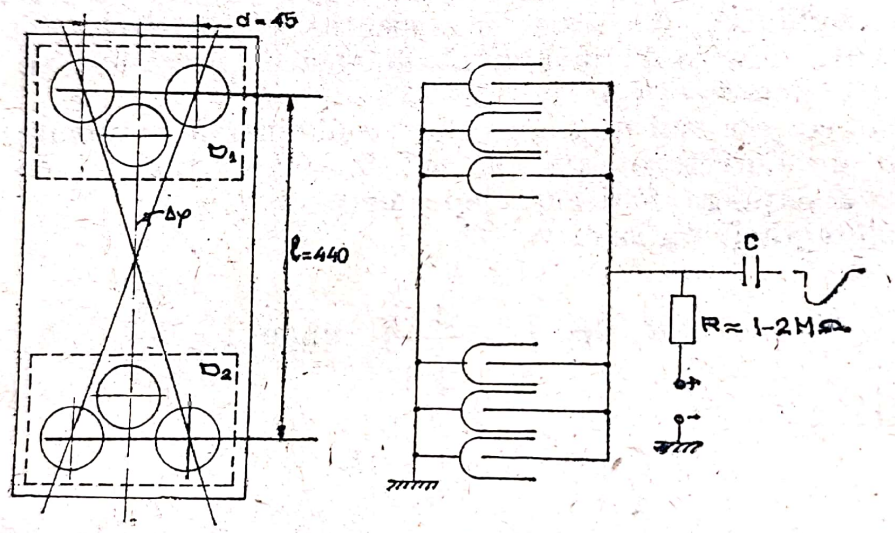


Fig. 4

Toate contoarele Geiger-Müller sînt conectate în paralel la sursa de înaltă tensiune (S.I.T.), iar schema electrică de principiu a alimentării lor este dată în fig. 4.

Principiul de funcționare al schemei arătate în fig. 3 este următorul : la trecerea unei particule prin una din grupele de detectoare D_1 și D_2, apare un impuls. Impulsurile de la grupele de detectoare D_1 și D_2 sînt introduse în schema de coincidență (S.C.) care va da un semnal la ieșire numai dacă cele 2 semnale care vin de la D_1 și D_2 nu sînt decalate în timp cu un timp mai mare decît τ_r, unde τ_r este timpul de rezoluție al S.C.

Schema de coincidență folosită a fost construită în laborator, iar principiul ei de funcționare este cel al schemei Rossi. [1].

Deci, numărătorul (N_c) va număra numai acele particule care trec simultan prin ambele grupe de detectoare D_1 și D_2, adică acele particule care vin în telescop sub un unghi $\varphi \pm \Delta\varphi$.

În fig. 5 este dată schema telescopului și a sistemului de rotire al lui pentru determinarea distribuției unghiulare a μ-mezonilor. Construcția telescopului permite introducerea între cele 2 grupe de detectoare a filtrelor din plumb (1) necesare atît pentru măsurarea curbei de absorbție a radiației cosmice secundare, cît și pentru separarea componentei dure de cea moale în vederea măsurării distribuției unghiulare a μ-mezonilor.

Pentru măsurarea curbei de absorbție, adică a dependenței numărului de particule înregistrate de numărător (N_c) de grosimea filtrelor de plumb introduse între ele, se fixează telescopul la $\varphi = 0°$ și se introduc între grupele de detectoare D_1 și D_2 plăci de plumb cu grosimea $d = 0$, 6, 12, 24, 48, 60, 78, 100 și 150 mm. Forma curbei obținute este dată în fig. 6.

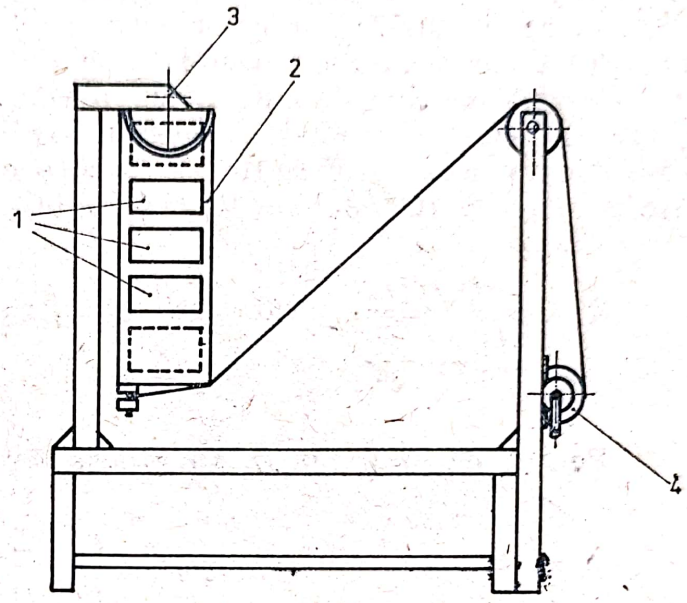


Fig. 5

Cu ajutorul acestei curbe se poate determina intensitatea componentei moi (I_{moale}) și a celei dure ($I_{dură}$) așa cum se arată în fig. 6. Din curba de absorbție se observă că un filtru de plumb cu grosimea de 10 cm absoarbe complet componenta moale, lăsînd să treacă numai componenta dură.

Pentru studiul componentei dure a radiației cosmice secundare se introduce între cele 2 grupe de detectoare un filtru de 10 cm de plumb și se determină distribuția unghiulară a μ-mezonilor, adică dependența numărului de coincidențe N_c de unghiul φ, variind unghiul φ din 10° în 10°.

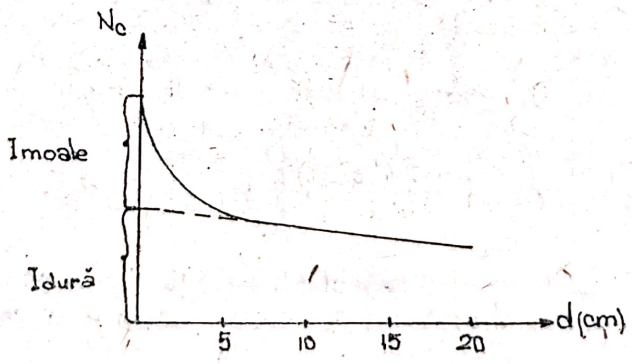


Fig. 6

Pentru calculul lui $\tau_{lab.}$ cu ajutorul formulei (7), am determinat raportul $N(0°)/N(\varphi)$ luînd în considerare corecțiile. În acest caz raportul devine:

$$\frac{N_c(0°) - N_{c.i.}}{N_c(\varphi) - N_{c.i.} - N_{j.}}; \qquad (10)$$

unde:

$N_{c.i.}$ — numărul de coincidenţe întîmplătoare ($N_{c.i.} = 2\tau_r N_1 N_2$; N_1, N_2 — numărul de particule înregistrate de grupele de detectoare D_1, respectiv D_2, iar τ_r este timpul de rezoluţie al S.C., egal cu 1μs pentru schema noastră de coincidenţă);

N_j — numărul de jerbe care apar datorită interacţiunii radiaţiei cosmice cu pereţii şi tavanul laboratorului (pentru determinarea numărului lor se ia numărul de coincidenţe pentru $\varphi = 90°$ din care se scade numărul de coincidenţe întîmplătoare).

O altă mărime de care avem nevoie pentru calculul lui $\tau_{lab.}$ este viteza μ-mezonilor. Ştiind că energia medie a μ-mezonilor determinată experimental este de $E \simeq 10^9$ eV şi că energia de repaus a μ-mezonilor este de $m_\mu c^2 \simeq 100$ MeV $= 10^8$ eV, putem determina din relaţia:

$$E = \frac{m_\mu c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$ valoarea lui v, care este $v \cong 0{,}99c$.

Pentru calculul lui L_0 am folosit formula barometrică:

$$p = p_0 \exp\left(-\frac{L_0}{H_0}\right), \tag{11}$$

unde: $p = 100$ g/cm²; $p_0 = 1000$ g/cm²; $H_0 = 8{,}4$ km [2].

Înlocuind valorile obţinute mai sus în formula (7), obţinem pentru $\tau_{lab.}$ valoarea $\tau_{lab.} \simeq 3{,}4\ 10^{-5}$ s.

Acest timp îl comparăm cu timpul de viaţă (τ) al μ-mezonilor calculat cu ajutorul cunoscutei formule din teoria relativităţii:

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2{,}2.10^{-5}\ \text{s}, \tag{12}$$

unde:

$$\tau_0 = 2{,}2.10^{-6}\ \text{s}; \quad \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \simeq 0{,}1.$$

Se observă că valoarea teoretică calculată cu ajutorul relaţiei (12) este în deplină concordanţă cu valoarea experimentală $\tau_{lab.}$.

III. DETERMINAREA EXPERIMENTALĂ A TIMPULUI DE VIAŢĂ AL μ-MEZONULUI AFLAT ÎN REPAUS ($\tau_{0\mu}$).

Schema bloc a instalaţiei experimentale este dată în fig. 7 iar principiul de funcţionare al ei este următorul:

Radiaţiile cosmice trec prin detectorul D_1, blocul de plumb (Pb) necesar pentru absorbţia componentei moi, detectorul D_2 şi ajung în

filtrul F, care este înconjurat la partea inferioară și pe părțile laterale cu o grupă de detectoare D_3 sub care se află o altă grupă de detectoare D_4.

Telscopul format din detectoarele D_1 și D_2, de la care semnalele intră în schema de coincidență SC1, este necesar pentru a înregistra numai acele particule care se deplasează pe o anumită direcție. Semnalul de la SC1 intră împreună cu semnalul de la grupa de detectoare D_4 în schema de anticoincidență (AC), care va da un semnal la ieșire numai în cazul

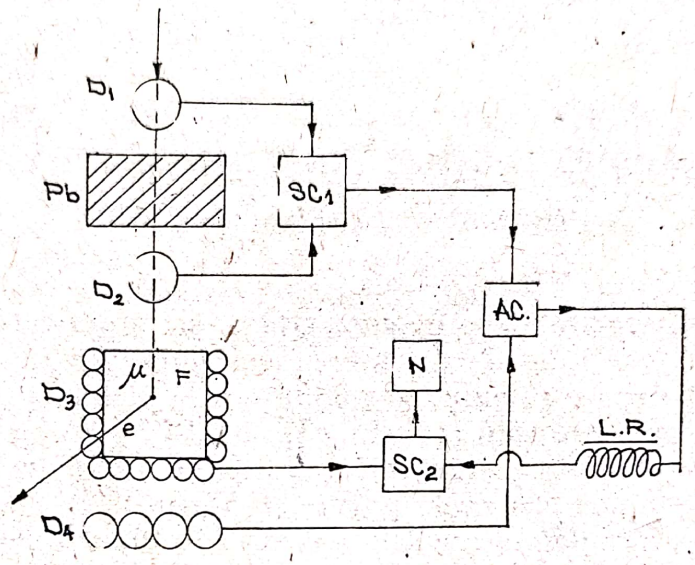


Fig. 7.

în care va exista semnal pe una din intrări (adică în cazul în care particula a străbătut detectoarele D_1 și D_2, dar nu a trecut și prin D_4). În acest fel se poate separa din componenta dură μ-mezonii care se opresc și se dezintegrează în filtrul F.

Pentru a măsura timpul de viață al acestor μ-mezoni, se folosește grupa de detectoare D_3, care detectează electronii apăruți în urma dezintegrării μ-mezonilor (vezi fig. 7). Semnalul de la această grupă de detectoare D_3 intră împreună cu semnalul obținut de la schema de anticoincidență (AC) — semnal care trece în prealabil printr-o linie de întîrziere LR — în schema de coincidență SC1. Această schemă va da un semnal la ieșire numai în cazul în care impulsul dat de grupa de detectoare D_3 apare la un anumit timp după impulsul dat de schema de anticoincidență.

Deoarece grupa de detectoare D_3 înregistrează electronii apăruți în urma dezintegrării μ-mezonilor, rezultă că impulsul dat de D_3 va apare la $\tau_{0\mu}$ după impulsul dat de schema de anticoincidență. Din această cauză, SC2 va da un semnal la ieșire numai dacă timpul de întîrziere dat de linia LR va fi egal cu $\tau_{0\mu}$. Pentru orice alt timp de întîrziere SC2 nu va da semnal la ieșire.

Astfel se poate determina $\tau_{0\mu exp.}$ și compara cu valoarea lui teoretică.

Determinarea experimentală a valorii timpului de viață al μ-mezonului aflat în repaus ($\tau_{0\mu exp.}$) permite, așa cum s-a arătat în introducere,

obținerea unei informații mai bogate (calculul constantei G, verificarea teoriei relativității, etc.), dar acest lucru se obține cu ajutorul unei instalații experimentale mult mai complexe.

BIBLIOGRAFIE

1. *M. Pătrulescu* — ,,Electronică nucleară', Editura Academiei R.S.R. — 1972.
2. *Rossi B.* — ,,Ceastiți bolișih energhi'' Editura Inostrannaia literatura—1956 (traducere din limba engleză).

TEHNOLOGII MEDIEVALE ROMÂNEȘTI DE SINTEZĂ A CINABRULUI

MIHAIL MIHALCU, MIHAELA DRĂGĂNOIU, București

1. Mărturii scrise despre cunoașterea și practicarea sintezei cinbrului apar cu mai bine de un mileniu și jumătate în urmă, în China și cu mai mult de un mileniu, în manuscrisele alchimiștilor din Orientul Apropiat și Vestul european (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9).

În țările românești, singurele mărturii similare le găsim numai în recomandările tehnice din acele puține și stranii ,,cărți'' de pictură, manuscrise care au circulat în secolele trecute sub numele de erminii. Aceste surse nu au fost cercetate sau, atunci cînd s-au făcut anumite referiri la ele — în studii care se ocupau de standardizarea portretelor și compozițiilor pe care le conțin — au fost puse în circulație date și idei eronate.

2. Procedeul de obținere a cinadrului recomandat de aceste texte, de fapt este singura cale ,,uscată'' folosită, din Extremul Orient pînă în Vestul european, în Evul Mediu. Pe lîngă similitudini, apar însă, o serie de deosebiri și adaptări față de textele de acest fel apărute în alte locuri ale lumii.

Cei doi reactanți — sulful și mercurul — sînt încălziți împreună, în final realizîndu se trecerea de la forma alotropică neagră (αHgS) la cea roșie (αHgS), cea interesantă pentru pictură.

Trei variante ale tehnologiei respective apar în erminiile românești. Cea mai des recomandată încălzește reactanții în timp ce sînt amestecați. Cea de a doua îi încălzește separat, înainte de a fi amestecați, iar cea de a treia, procedînd asemănător, introduce în amestec și o cantitate de litargă. În rest, procedeul este același.

3. Recomandările referitoare la proporțiile de reactanți care treduie folosite nu sînt aceleași în toate erminiile (11), (12) (13), (14), (15), (16), (21). Situația este, de altfel, similară și în texte apărute în alte părți ale lumii și în alte epoci (1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (9), (10), (18), (19).

În textele românești în care sinteza respectivă se referă numai la obținerea pigmentului, raportul S : Hg este 18,8 : 75,2. În cele care se referă la fabricarea cernelii, el este 50 : 50.

Primul raport este similar cu cel întîlnit și în ,,cărțile'' școlii de la Muntele Athos, școală post-bizantină. El este ceva mai mare decît cele

* Institutul Politehnic

Scanned with OKEN Scanner

olandeze (12,5—16,66 : 83,3—87,5), cele din *podlinnik*-urile ruseşti (15 : 75) şi unele dintre scrierile englezeşti (16 : 84) (7), (18), (19) (20), (22), (23).

Prorporţiile din textele româneşti care se referă la fabricarea cernelurilor sînt apropiate de cele din unele manuscrise englezeşti (43 : 57) şi unele arabe (50 : 50) (5), (18), (19).

Ca şi în alte texte contemporane sau mai timpurii, erminiile româneşti recomandă să se folosească o cantitate de sulf mai mult sau mai puţin superioară celei necesare stoichiometric. În condiţiile în care se lucra era totdeauna necesar să se compenseze pierderile de sulf, apărute prin volatilizare sau ardere, dar şi să se evite obţinerea unui pigment impurificat cu mercur.

Introducerea litargei între reactanţi se găseşte şi în prima erminie atonită — publicată în Vest, în secolul trecut — (10). Această variantă, în textele româneşti, apare acolo unde este recomandată cea mai mică proporţie de sulf. O asemenea recomandare nu am găsit în textele ruseşti, occidentale sau arabe.

4. *Litarga* era introdusă, probabil, pentru a se ieftini cinabrul. În cursul sintezei acestuia se realizau condiţiile trecerii : $PbO \rightarrow PbO_2 \rightarrow$ $\rightarrow bb_3O_4$.

Ştim încă de la Cennini şi din prima erminie românească tipărită în ultimii ani ai secolului trecut că impurificarea pulberii de cinabru, cu miniu, se făcea în scop fraudulos (15), (19),(24). Ştim, de asemenea, că cinabrul era de 5—50 ori mai scump decît miniul şi avea o densitate mult mai mică.

Artificiul chimic folosit, cu toate acestea, rămîne surprinzător, dacă se face referire la cunoştinţele tehnice ale trecutelor secole.

Riscul apariţiei sulfurii de plumb negre — în cursul conservării şi expunerii lucrării la care era folosit cinabrul respectiv, de-a lungul deceniilor şi secolelor —, a întunecării culorii şi a dezavantajării unor raporturi cromatice arată, însă, procedeul ca dăunător din punct de vedere artistic.

5. *Vasele de reacţie* erau confecţionate din argilă arsă, uneori smălţuită (12), (13),(14), (15), (16). Ceramica era folosită de şcoala de la Athos dar şi de alchimiştii arabi (10), (17), (2), (3). În manuscrisele engleze, se foloseau vase de fier.

Forma vasului de reacţie avea fie un gît larg (ca la alchimiştii englezi), fie unul cu diametrul mic (12), (15), (16), (18), (19).

6. *Combustibilul* recomandat a fi folosit era lemnul de stejar (Quercus) sau de gîrniţă (Quercus frainetto), ca şi în unele erminii atonite (11). Această recomandare nu apare în scrierile alchimiştilor arabi, flamanzi sau englezi (2), (3), (4), (5), (6), (18), (19), (20).

7. *Încălzirile* se efectuau pe vetre improvizate, deosebindu-se de modul de lucru al alchimiştilor din Orientul Apropiat şi Vestul Europei unde se lucra cu cuptoare bine realizate. În acestea se puteau atinge temperaturi mai mari, care puteau fi mai uşor controlate. Modul de încălzire recomandat de textele româneşti este similar cu cel din *podlinnik*-urile ruseşti şi cel folosit la Athos.

Spre deosebire de Vest, (stive de peste 1.000 vase de reacţie), pe aria românească se lucra cu vase puţine, amplasîndu-le în interiorul sursei de căldură, pînă în dreptul nivelului superior al reactanţilor (13),

Scanned with OKEN Scanner

(16). Partea superioară a vasului de reacție fiind mai rece, funcționa ca suprafață de depunere a αHgS.

În cele mai multe manuscrise românești se recomandă ca reactanții să fie încălziți separat, înainte de a fi amestecați (12), (15), (16), (13). În unul singur se recomandă a se face încălzirea după ce au fost amestecați (21).

8. Prealabil introducerii în vasul de reacție, sulful și litarga erau aduși la o granulație fină. Recomandarea este întîlnită și în textele elaborate la Athos (10), (11), (12), (13), (15), (16), (17).

Se urmărea astfel ca să se realizeze un contact cît mai intim și, implicit, o durată mai mică a sintezei. Tot pe această linie se acționa și printr-o bună și suficient de îndelungată amestecare precum și prin faptul că, după o preîncălzire și amestecare, amestecul era răcit și din nou mojarat.

9. Realizarea unui amestec intim al reactanților se făcea în vas deschis, cu o vergea de fier, ca și în procedeele arabe, flamande și atonite, deosebindu-se de cele englezești unde operația se efectua cu o lopățică de lemn. În ultimul procedeu, temperaturile realizate erau ceva mai mici iar pigmentul obținut era mai puțin pur.

Sfîrșitul amestecării era marcat de apariția — pe suprafața vergelii — a unei colorații negre. Era un mod destul de original și precis de control a unor parametri.

Datorită acestei recomandări, se poate aprecia, deci, că încălzirea era efectuată pînă în jurul temperaturii de 400°C, depășind-o, în cel mai rău caz, cu foarte puțin. Culoarea neagră se datora apariției unui oxid al fierului (Fe_3O_4) și a unei sulfuri negre de fier.

Faptul că textele nu semnalează apariția unei nuanțe roșietice, mai mult sau mai puțin pronunțate, arată că nu se depășea temperatura de 400°C. Căci în intervalul 400°C—500°C, sulfura de fier se descompune trecînd în Fe_2O_3.

„Controlul" acesta al reacției nu este descris în nici un manuscris medieval din Vest sau Est, cu excepția celor atonite atribuite lui Dionisie din Furna.

10. *Desăvîrșirea reacției* se făcea după ce vasul de reacție era cu grijă etanșat (cu argilă) limitîndu-se, astfel, cantitatea de oxigen accesibil, posibilitățile de a se pierde sulf — prin volatilizare sau ardere → și impurificările legate de toate acestea.

În această fază tehnologică, temperatura era menținută la 350°—400° Se efectua nu numai desăvîrșirea reacției ci și trecerea formei alotropice α'HgS a cinabrului (neagră) în cea roșie (αHgS) interesantă pentru pictură.

Durata acestei etape era de 24 ore ca și la școala de la Muntele Ahos. Se deosebea, însă, de cea din recomandările alchimiștilor arabi (12—72 ore) sau englezi (72 ore).

11. *Culegerea* cinabrului se făcea prin ciocănire sau raclare de pe cioburile vasului de reacție spart. Datorită formei acestui vas, pigmentul nu putea fi colectat decît astfel.

Cu această ocazie apărea o nouă sursă de impurificare cu argilă arsă.

12. În textele românești, spre deosebire de cele arabe sau din Vestul Europei, nu apare nici o indicație referitoare la o purificare ulterioară a

Scanned with OKEN Scanner

pigmentului obținut. Unele tradiții, consemnate tîrziu în scris, de către Verona și Costin Petrescu, ca și un singur text de erminie (13), vorbesc și de o singură spălare cu apă, urmată de o decantare și o sifonare a apei cu ajutorul unui fir de lînă.

BIBLIOGRAFIE

1. *Waley A.*, Bulletin of the School of Oriental Studies, London University *6*, 1—24, 1932
2. *** Cartea III-a a lui Democrit (manuscris sirian) sec. 7—9.
3. *** Cartea VIII-a a lui Democrit (manuscris sirian) sec. 7—9.
4. *** Ultima carte a lui Democrit (manuscris sirian) sec. 7—9.
5. *** Tratat de alchimie siriană (Mss· Mm. *6*, 29, Bibl. Universității din Cambridge).
6. *** Tratat sirian manuscris de chimie, sec. 6—8.
7. *Gettens R. J.*, Studies in Conservation, 17, 45—49, 1972.
8. *Mayer R.*, The Artist's Handbook, London, 1973.
9. *Thompson I.*, The Materials of Medieval Painting, 1956.
10. *** Das Handbuch der Malerei vom Berge Athos (Ed. G. Schäfer), Trier, 1855.
11. *Grecu V.*, Cărți de pictură bizantină, Cernăuți, 1936.
12. *** Erminia picturii bizantine (Ed. C. Săndulescu-Verna), Timișoara, 1979.
13. *** Mss. rom. 5769 (B. A. R.S.R.).
14. *** Mss. rom. 2151 (B.A. R.Ș.R.).
15. *** Mss. rom. 1555 (Arh. Statului).
16. *** Mss. rom. 1795 (B.A. R.S.R.).
17. *** din Furna Dionisie, Carte de Pictură, Ed. Meridiane, București, 1979.
18. *Smith J.*, The Art of Painting in Oyl, London, 1701.
19. *Harley R. D.*, Artist's pigments, London, 1970.
20. *Tuckert I.*, Annales de Chimie IV, 25—30, 1790.
21. Mss. rom. 3719 (B.A. R.S.R.).
22. *Kiplik D. J.*, Materiale colorate ale picturii, ESPLA, București, 1952.
23. *Mellow J. W.*, Inorganic and Theoretical Chemistry, London-N.Y., Toronto, 1952.
24. *Cennini C.*, Il libro dall'arte o Trattato della Pittura, Padova, 1395.

VITEZE COSMICE

Prof. *VĂDEANU ELENA* *, Cluj-Napoca

Problema vitezelor cosmice aparține domeniului astronauticii — știința care se ocupă cu navigația în spațiul cosmic. Atingerea vitezelor cosmice a devenit posibilă începînd cu 4 octombrie 1957, cu ocazia lansării de către U.R.S.S. a primului satelit artificial al Pămîntului.

Mișcarea corpurilor cerești artificiale poate fi modelată matematic, în primă aproximație, cu ajutorul problemei celor două corpuri, prin care se înțelege mișcarea a două puncte materiale de mase m și M ($m \leqslant M$) sub acțiunea atracției newtoniene reciproce. Fie Oxyz un sistem de coordonate inerțiale față de care studiem mișcarea corpurilor m și M (fig. 1)

Se observă că între razele-vectoare $\vec{\rho}_m$ și $\vec{\rho}_M$ ale maselor m și M avem relația vectorială :

$$\vec{\rho}_m = \vec{\rho}_M + \vec{r}, \qquad (1)$$

* Liceul industrial „Clujana"

din care, prin derivare de două ori în raport cu timpul obținem accelerația masei m în forma:

$$\frac{d^2\vec{\rho}_m}{dt^2}=\frac{d^2\vec{\rho}_M}{dt^2}+\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \tag{2}$$

Ecuațiile diferențiale, sub formă vectorială, ale mișcării corpurilor m și M, în sistemul dat, au forma:

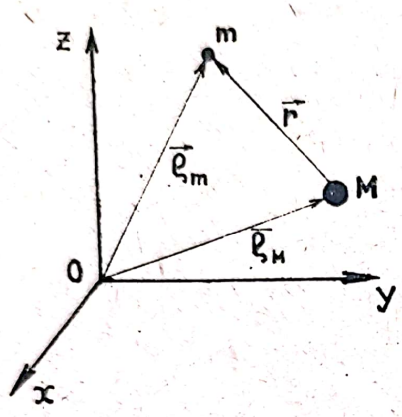


Fig. 1

$$M\frac{d^2\vec{\rho}_M}{dt^2}=\frac{f_m M}{r^3}\vec{r},\quad m\frac{d^2\vec{\rho}_m}{dt^2}=-\frac{f_M m}{r^3}\vec{r}, \tag{3}$$

care, dacă sînt simplificate cu M, respectiv m, devin:

$$\frac{d^2\vec{\rho}_M}{dt^2}=\frac{f_m}{r^3}\vec{r},\quad \frac{d^2\vec{\rho}_m}{dt^2}=-\frac{f_M}{r^3}\vec{r} \tag{4}$$

Ecuațiile diferențiale, sub formă vectorială, pentru mișcarea relativă a corpului m în raport cu corpul M au forma:

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}=\frac{d^2\vec{\rho}_m}{dt^2}-\frac{d^2\vec{\rho}_M}{dt^2}=-f(M+m)\frac{\vec{r}}{r^3}$$

sau

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}=\mu\frac{\vec{r}}{r^3}, \tag{5}$$

unde $\mu=f(m+M)$, iar f este constanta atracției universale ($f=6{,}67\times 10^{-11}$ N.m^2.kgr^{-2}). Corpul M, în cîmpul gravitațional al căruia studiem mișcarea masei m, se numește *corp central*.

Să înmulțim ecuația (5) scalar cu $2d\vec{r}/dt$, unde $d\vec{r}/dt=\vec{v}$ reprezintă viteza masei m în mișcarea relativă. Avem:

$$2\frac{d\vec{r}}{dt}\cdot\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}=-\frac{2\mu\vec{r}\,\frac{d\vec{r}}{dt}}{r^3}, \tag{6}$$

dar $r^2=r^2$, deci $\vec{r}\cdot\frac{d\vec{r}}{dt}=r\cdot\frac{dr}{dt}$ și prin urmare ecuația (6) se scrie în forma:

$$\frac{d}{dt}\left[\left(\frac{d\vec{r}}{dt}\right)^2\right]=2\mu\frac{d}{dt}\left(\frac{1}{r}\right). \tag{7}$$

Scanned with OKEN Scanner

care prin integrare ne dă:

$$v^2 = \frac{2\mu}{r} + h \tag{8}$$

Relația (8) se numește *integrala energiei*, iar h constanta energiei Ea are următoarea interpretare mecanică simplă: să înmulțim (8) cu $m/2$ și să notăm: $T = mv^2/2$ — energia cinetică, $V = -m\mu/r$ — energia potențială, $mh/2 = h' = \text{constant}$. Obținem:

$$T + V = \frac{mv^2}{2} - \frac{m\mu}{r} = h' = \text{const.}, \tag{9}$$

care ne arată că: în mișcarea relativă a masei m față de masa centrală M energia mecanică totală se conservă.

Dacă înmulțim (5) vectorial la stînga cu $\vec{r}$, obținem:

$$\vec{r} \times \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = -\mu \frac{\vec{r} \times \vec{r}}{r^3} = 0 \text{ sau } \frac{d}{dt}\left[\vec{r} \times \frac{d\vec{r}}{dt}\right] = 0,$$

care prin integrare ne dă:

$$\vec{r} \times \vec{v} = \vec{c}, \ \vec{c} = \text{const.} \tag{10}$$

Relația (10) se numește *integrala ariilor*. Dacă înmulțim (10) scalar cu $\vec{r}$, obținem $\vec{r}.\vec{c}=0$, care ne arată că mișcarea relativă are loc într-un plan perpendicular pe vectorul $\vec{c} \neq 0$ și care trece prin corpul central M.

Să introducem în planul mișcării un sistem de coordonate polare (r, θ), fig. 2

În noul sistem vectorii $\vec{c}$, $\vec{r}$ și $\vec{v}$ au componentele: $\vec{c}(0, 0, 1)$, $\vec{r}(r\cos\theta, r\sin\theta, 0)$, $\vec{v}(\dot{r}\cos\theta - r\dot{\theta}\sin\theta, \dot{r}\sin\theta + r\dot{\theta}\cos\theta, 0)$. În noile coordonate relațiile (8) și (10) devin:

$$v^2 = \dot{r}^2 + r^2\dot{\theta}^2 = \frac{2\mu}{r} + h, \ r^2\dot{\theta} = c \tag{11}$$

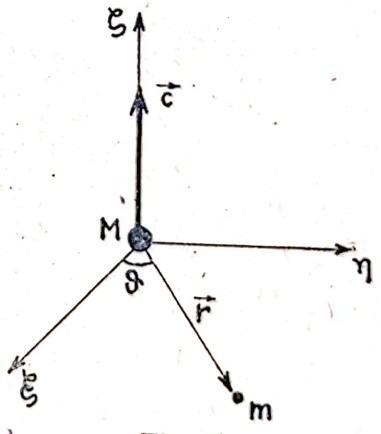


Fig. 2

Eliminînd timpul t între cele 2 relații din (11), obținem ecuația diferențială a traiectoriei $r = r(\theta)$ în forma:

$$\frac{c^2}{r^4}\left(\frac{dr}{d\theta}\right)^2 = h + \frac{2\mu}{r} - \frac{c^2}{r^2} \text{ sau } \left[\frac{d}{d\theta}\left(\frac{c}{r}\right)\right]^2 =$$

$$= h + \frac{\mu^2}{c^2} - \left(\frac{c}{r} - \frac{\mu}{c}\right)^2.$$

Ultima relație se reduce la o integrală de forma: $\pm\int \frac{dx}{\sqrt{a^2-x^2}}$, care în cazul de mai sus ne conduce la soluția:

$$r = \frac{p}{1 + e\cos v}, \tag{12}$$

unde

$$p = c^2/\mu, \quad e = (1 + c^2h/\mu^2)^{1/2}, \quad v = \theta - \theta_0 \tag{13}$$

Relația (12) reprezintă o *conică* în coordonate polare, a cărei natură depinde de valoarea e a excentricității. Astfel avem: cerc (dacă $e = 0$), elipsă (dacă $e < 1$ sau $h < 0$), parabolă (dacă $e = 1$ sau $h = 0$), hiperbolă (dacă $e > 1$ sau $h > 0$).

Dacă drept corp central M se ia Soarele, iar drept corp m o planetă oarecare, atunci (12) reprezintă, sub formă generalizată, celebra lege a lui Kepler, conform căreia planetele se mișcă în jurul Soarelui descriind elipse, Soarele aflîndu-se în unul din focare. Dacă drept corp central luăm Pămîntul iar drept masă m un satelit artificial, atunci (12) reprezintă traiectoria kepleriană a mișcării unui satelit artificial. În acest caz, parametrii p, e și θ_0 care determină complet conica (12), se pot determina în funcție de parametrii de lansare H, v_0 și α_0, a căror semnificație se vede în fig. 3. Aceștia se realizează cu ajutorul unei rachete în trepte, care poartă corpul ce trebuie lansat (satelit, navă cosmică) de la punctul de lansare (rampă) pînă la punctul (S_0) de plasare pe orbită. Aceasta este partea *activă* a traiectoriei.

Ajungînd la înălțimea H, racheta purtătoare imprimă corpului lansat o anumită viteză v_0, dinainte stabilită, a cărei orientare (unghiul α_0) se realizează prin teleghidare. În momentul în care motoarele ultimei trepte a rachetei purtătoare încetează să funcționeze (punctul S_0), începe partea *pasivă* a traiectoriei (*orbita*) pe care mișcarea corpului lansat se efectuează sub acțiunea legii atracției universale, după legile mecanicii cerești.

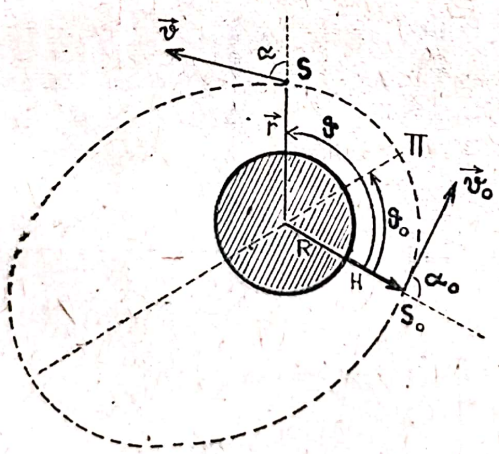


Fig. 3

În punctul de lansare S_0, care corespunde unui moment t_0, au loc următoarele condiții inițiale: $r_0 = r(t_0) = |\vec{r}_0| = R + H$, $v(t_0) = v_0$, $(\vec{r}_0, \vec{v}_0) = \alpha_0$, $c = |\vec{c}| = |\vec{r} \times \vec{v}| = |\vec{r}_0 \times \vec{v}_0| = r_0 v_0 \sin \alpha_0 = (R + H)v_0 \sin \alpha_0$, $h = v_0^2 - 2\mu/(R + H)$, $\theta(t_0) = 0$.

Din prima respectiv a doua relație din (13) avem:

$$p = c^2/\mu = \frac{(R + H)^2 v_0^2 \sin^2 \alpha_0}{\mu}, \tag{14}$$

Scanned with OKEN Scanner

$$e = \sqrt{1 + \frac{c^2 h}{\mu^2}} = \sqrt{1 + \frac{\left(v_0^2 - \frac{2\mu}{R+H}\right)(R+H)^2 v_0^2 \sin^2 \alpha_0}{\mu^2}} \tag{15}$$

Un calcul nu prea complicat ne conduce la o formulă similară pentru unghiul polar θ_0:

$$\operatorname{tg} \theta_0 = \frac{(R+H)^2 v_0^2 \sin \alpha_0 \cos \alpha_0}{\mu - (R+H) v_0^2 \sin^2 \alpha_0} \tag{16}$$

Neglijînd masa m a satelitului în raport cu masa M a Pămîntului, avem $\mu = f(M+m) = fM$. Identificînd forța de atracție a Pămîntului, exercitată asupra unui corp de masă m, cu greutatea corpului avem: $fmM/R^2 = mg$, de unde:

$$\mu \simeq fM = gR^2, \tag{17}$$

unde R — raza pămîntului, iar g — accelerația gravitațională la suprafața terestră.

Pentru noi este importantă formula (15), care ne dă valoarea excentricității e (de care depinde natura orbitei) în funcție de parametrii de lansare ai satelitului. De asemenea, tot cu ajutorul ei obținem valoarea vitezei inițiale pentru realizarea diferitelor tipuri de traiectorii.

Dacă $e = 0$ și $\alpha_0 = \frac{\pi}{2}$ avem *orbite circulare*. Din (17) și (12) găsim:

$$v_0 = v_c = \sqrt{\frac{\mu}{R+H}} = R\sqrt{\frac{g}{R+H}} \tag{18}$$

Viteza inițială v_c, corespunde orbitei circulare, și se numește *viteză circulară*. Punînd $H = 0$, $R = 6371$ km, $g = 9.81$ cm/s^2, obținem valoarea ei la suprafața Pămîntului:

$$v_c(H=0) = V^{(1)} = \sqrt{Rg} = 7{,}9 \text{ km/s}, \tag{19}$$

numită *prima viteză cosmică* față de Pămînt. Ea reprezintă viteza minimă cu care trebuie lansat un corp la suprafața Pămîntului pentru a deveni satelit artificial.

Dacă $e = 1$ și oricare ar fi α_0 avem *orbite parabolice*. Din (15) și (17) avem:

$$v_0 = v_p = \sqrt{\frac{2\mu}{R+H}} = R\sqrt{\frac{2g}{R+H}} = \sqrt{2}\, v_c \tag{20}$$

Viteza inițială v_p, corespunzătoare orbitei parabolice se numește viteză parabolică. Punînd $H = 0$ și valorile date mai sus pentru R și g obținem valoarea ei la suprafața Pămîntului:

$$v_p(H=0) = V^{(2)} = \sqrt{2Rg} = 11{,}2 \text{ km/s}, \tag{21}$$

Scanned with OKEN Scanner

care este numită *a doua viteză cosmică* față de Pământ. Ea reprezintă viteza minimă ce trebuie s-o imprimăm unui corp pentru a evada din vecinătatea Pământului. Viteza parabolică se mai numește și *viteză de evadare*.

Dacă $e > 1$, avem orbite hiperbolice și din (15) găsim $v_0 > v_p$.

Corpurile cerești artificiale care descriu orbite circulare și eliptice în jurul Pământului se numesc *sateliți artificiali ai Pământului*.

Corpurile cerești artificiale care se mișcă pe orbite parabolice și hiperbolice față de Pământ se numesc *rachete* (sau *nave*) *cosmice*. Acestea nu trebuie confundate cu rachetele purtătoare.

Formulele de mai sus sînt aplicabile și pentru celelalte corpuri cerești. Astfel, considerînd pentru Soare: $R_0 = 696\,000$ km., $g_0 = 274 \text{m/s}^2$, obținem pentru prima și a doua viteză cosmică valorile: $v_0^{(1)} = 437$ km/s, $v_0^{(2)} = 618$ km/s. Viteza circulară la distanța de 150 milioane kilometri (raza orbitei Pământului), conform (18) este de $v_c = 29{,}8$ km/s (s-a luat $\mu_0 = 1327 \times 10^8$ km^3/s^2). Pentru ca un corp lansat de la o astfel de distanță să se îndepărteze la infinit de Soare trebuie să aibe în raport cu acesta viteza $v_p = \sqrt{2}\, v_c = \sqrt{2} \times 29{,}8 = 42{,}1$ km/s. Corpul aflîndu-se pe Pământ se mișcă împreună cu acesta în jurul Soarelui cu viteza de 29,8 km/s. Dacă neglijăm influența atracției terestre, atunci este suficient să imprimăm corpului o viteză suplimentară de $42{,}1 - 29{,}8 = 12{,}3$ km/s, în raport cu Pământul, în direcția mișcării acestuia. În realitate, viteza suplimentară trebuie să fie ceva mai mare, deoarece trebuie ținut seama și de atracția Pământului.

Viteza, în raport cu Pământul, pe care trebuie s-o imprimăm unui corp (navă, rachetă cosmică) pentru a părăsi sistemul solar se numește *a treia viteză cosmică*. Calculul ei exact se poate face luînd în considerare interacțiunea gravitațională a 3 corpuri: Soarele, Pământul și racheta cosmică. Dăm în cele ce urmează o evaluare a acesteia în ipoteza că influența atracției Soarelui este neglijată atîta timp cît racheta cosmică se află în *zona de acțiune a Pământului*.

Prin zona de acțiune a unei mase m în raport cu o masă centrală M ($m \neq M$) se înțelege regiunea din jurul masei m, la frontierele căreia este îndeplinită condiția:

$$\frac{\Delta F_1}{F_2} = \frac{\Delta F_2}{F_1} \tag{22}$$

unde F_1 și F_2 reprezintă forțele de atracție ale masei M respectiv m asupra corpului considerat; ΔF_1 — forța cu care masa M perturbă mișcarea corpului considerat în cîmpul gravitațional al masei m, iar ΔF_2 — forța cu care masa m perturbă mișcarea aceluiași corp în cîmpul gravitațional al masei M. Se arată că zona de acțiune a corpului m în raport cu M poate fi aproximată cu o sferă, numită, după Laplace, *sferă de acțiune*, a cărei rază este dată de $\rho = r(m/M)^{2/5}$, r fiind distanța dintre cele două corpuri. Raza sferei de acțiune a Pământului în raport cu Soarele este de $\rho_\delta = 930\,000$ km.

Să notăm prin (v, v_c, v_p) și (V, V_c, V_p) vitezele navei cosmice față de Pământ respectiv Soare. Atîta timp cît nava se mișcă în sfera de acțiune a pământului, mișcarea ei va fi raportată la un sistem de referințe geocentric (Pământul este considerat corpul central). Considerînd în acest

caz $\mu \simeq fM$, $fM/r \simeq 0$ pentru $r > \rho_{\delta}$, din legea conservării energiei (8), avem:

$$\frac{mv^2}{2} - f\frac{Mm}{r} = \frac{mv_\infty^2}{2}, \tag{23}$$

unde v_∞ reprezintă viteza navei cosmice cînd iese din sfera de acțiune a Pămîntului. Deoarece $v_c^2 = fM/r$, din (23) avem: $v^2 = v_\infty^2 + 2v_c^2$. În afara sferei de acțiune a Pămîntului, vom raporta mișcarea navei cosmice la un sistem heliocentric (Soarele este considerat corpul central). În momentul cînd nava cosmică iese din sfera de acțiune a Pămîntului, viteza heliocentrică $\vec{V}$ a navei este egală cu suma dintre viteza geocentrică $\vec{v}_\infty$ și $\vec{V}_c$ — viteza circulară a mișcării Pămîntului în jurul Soarelui.

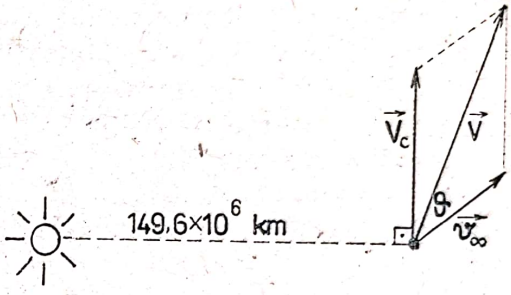


Fig. 4

Dacă neglijăm distanța de 930 000 km (în comparație cu 149,6 milioane km) vom considera că la același moment nava cosmică se află la aceeași distanță de Soare ca și Pămîntul (fig. 4).

Din fig. 4 se vede că avem relația:

$$V^2 = V_c^2 + v_\infty^2 + 2V_c v_\infty \cos\theta. \tag{24}$$

A treia viteză cosmică $v^{(3)}$ se găsește din condiția $V = V_p = \sqrt{2}V_c$, pe care dacă o înlocuim în (24) găsim:

$$v_\infty = (\sqrt{1 + \cos^2\theta} - \cos\theta)V_c, \tag{25}$$

care, înlocuită apoi în expresia lui v, ne dă:

$$v^{(3)} = [(\sqrt{1 + \cos^2\theta} - \cos\theta)^2 V_c^2 + 2v_c^2]^{1/2}. \tag{26}$$

Valoarea minimă a celei de a treia viteze cosmice se obține pentru $\theta = 0$ (lansare în direcția mișcării orbitale a Pămîntului) iar maximă pentru $\theta = \pi$ (lansare în direcția opusă mișcării orbitale a pămîntului). Pentru aceste valori expresia (26) ne dă:

$$v_{min}^{(3)} = \sqrt{0.171\, V_c^2 + 2v_c^2} \simeq 16{,}6 \text{ km/s} \tag{27}$$

$$v_{max}^{(3)} = \sqrt{5.828\, V_c^2 + 2v_c^2} \simeq 72{,}8 \text{ km/s}. \tag{28}$$

Menționăm că uneori în literatura de specialitate drept definiție pentru viteza a 3-a viteza cosmică se consideră $v_{min}^{(3)}$. În acest caz ea are o direcție și un sens privilegiat: direcția și sensul mișcării oribtale a Pămîntului. Aceeași remarcă este valabilă și pentru prima viteză cosmică,

necesară în realizarea unui satelit artificial. El s-a calculat în ipoteza orbitei circulare a satelitului. Cum tangenta la cerc este perpendiculară pe rază în punctul de tangență, direcția de lansare nu poate fi decît orizontală. În cazul altor direcții de lansare, orbitele ar fi elipse care ar putea intersecta suprafața Pămîntului. În cazul celei de-a 2-a viteze cosmice,necesare pentru învingerea atracției terestre, direcția vitezei este indiferentă.

Primul satelit artificial, „*Sputnik*-1", a fost lansat de către Uniunea Sovietică la 4 octombrie 1957. Statele Unite ale Americii au lansat primul satelit artificial, „*Explorer*-1", la 31 ianuarie 1958.

Prima rachetă cosmică, „*Lunik*-1", a fost lansată în direcția Lunii de către U.R.S.S. la 2 ianuarie 1959.

Prima navă cosmică care părăsește sistemul solar este „*Pioneer* 10", lansată la 3 martie 1972 de către S.U.A. În eventualitatea unei întîlniri cu prezumtive civilizații din Galaxia noastră, pe corpul navei a fost fixată o plăcuță de aluminiu aurit pe care sînt gravate cîteva imagini care să răspundă la întrebarea : cine sîntem și de unde venim ?

BIBLIOGRAFIE

1. *Al. Stoenescu, Elemente de cosmonautică*, Ed. Tehnică, București, 1962.
2. *V. Ureche, Astronomie generală*, curs litografiat, Universitatea „Babeș-Bolyai", Cluj-Napoca 1975.
3. *D. V. Sivuhin, Curs general ă de fizică — mecanică*, Ed. Nauka, Moscova, 1979 (in lb. rusă)
4. *M. Florica, Forțe conservative*, „Revista de Fizică și Chimie", nr. 9, 1980, p. 329
5. *V. Mioc, T. Oproiu, Rachete spațiale*, Ed. științifică și enciclopedică, București, 1978.

STAȚIE PILOT PENTRU OBȚINEREA SODIULUI METALIC

Prof. *KOCH ANTON**, Năsăud

Metalele alcaline și alcalino-pămîntoase, precum și aluminiul nu pot fi separate prin electroliza soluțiilor apoase. Ele se obțin prin electroliza hidroxizilor sau a sărurilor, sau a unor amestecuri de săruri topite.

Deși electroliții topiți sînt sisteme mai simple decît soluțiile lor apoase(în topitură lipsesc ionii de solvent, nu se produc reacții între solvent și sare, nu apare fenomenul hidratării etc.) electroliza tehnică a topiturilor este mai dificilă.

Dificultățile tehnice apar în primul rînd datorită temperaturii de lucru ridicate, pe de altă parte datorită reacțiilor secundare ce apar foarte rare ori între produsul de electroliză și electrolitul topit. Situația se complică și mai mult în cazul folosirii unor amestecuri de săruri.

Teoria electrolizei hidroxidului de sodiu topit.

Hidroxidul de sodiu pur se topește la 318,4°C. Datorită higroscopicității sale puternice chiar și topitura conține apă. Deshidratarea totală are loc numai la încălzire îndelungată peste 400°C. În lipsa umidității există în topitură numai ionii de Na^+ și OH^-.

* Liceul George Coșbuc

Procesul catodic constă în descărcarea ionilor de sodiu $Na^- + e^- \rightarrow$ $\rightarrow Na$. La anod se descarcă ionii de OH^- cu degajare de oxigen și formare de apă:

$$2OH^- \rightarrow \frac{1}{2} O_2 + H_2O + 2\acute{e}^-$$

Datorită proceselor de convecție și difuzie, apa formată reacționează cu sodiul dizolvat în topitură cu degajare de hidrogen

$$Na + H_2O \rightarrow NaOH + \frac{1}{2} H_2$$

Astfel jumătate din sodiul format se transformă din nou în NaOH, adică randamentul în funcție de curent scade la 50%.

Pe lîngă această reacție secundară, mai apar și altele. Sodiul în contact cu oxigenul din aer sau oxigenul anodic se oxidează pînă la peroxid de sodiu. Alte reacții secundare apar, dacă topitura conține cloruri deoarece la anod se formează, probabil, clorat de sodiu, care oxidează o parte din sodiu. Toate aceste reacții secundare duc la scăderea considerabilă a randamentului.

Conductibilitatea electrică a topiturilor.

În stare solidă sărurile și hidroxidul sodiului nu conduc curentul electric. În stare topită însă, conductibilitatea lor electrică este considerabilă și depinde de temperatură:

$\chi\ \Omega^{-2}m^{-1}$

NaCl	$6{,}7.10^{-2}$ la790°C	375 la 850°C	391 la 900°C
NaOH	212 la 320°C	238 la 350°C	282 la 400°C
NaBr	$2{,}76.10^{-2}$ la 750°C	306 la 800°C	323 la 850°C

Tensiunea de descompunere a electroliților topiți

Poate fi măsurată prin metoda construirii curbei de polarizare (intensitate de curent-tensiune) sau prin metoda comutației (măsurarea f.e.m. inversă în momentul unei întreruperi instantanee a curentului la electroliză). În diagrama din figura 1, sînt indicate potențialele de descompunere ale cîtorva săruri topite în funcție de temperatură. Hidroxidul de sodiu topit se descompune la o tensiune de 2,2 V.

Solubilitatea metalelor în săruri topite. Este un inconvenient neplăcut la electroliza tehnică deoarece impune reglarea foarte precisă a temperaturii de lucru. Acest lucru se impune datorită faptului că solubilitatea sodiului crește brusc cu creșterea temperaturii, mai ales în hidroxid de sodiu topit ceea conduce la scăderea nepermisă a randamentului

Scanned with OKEN Scanner

față de curent. În tabelul de mai jos redau conținutul de sodiu în hidroxidul de sodiu topit la o distanță de 3 cm. de la limita de separare la diferite temperaturi după o oră :

temperatura °C	320	320	340	350	370	400	450
% Na	0	0,05	0,2	2,3	3,5	5,2	6,6

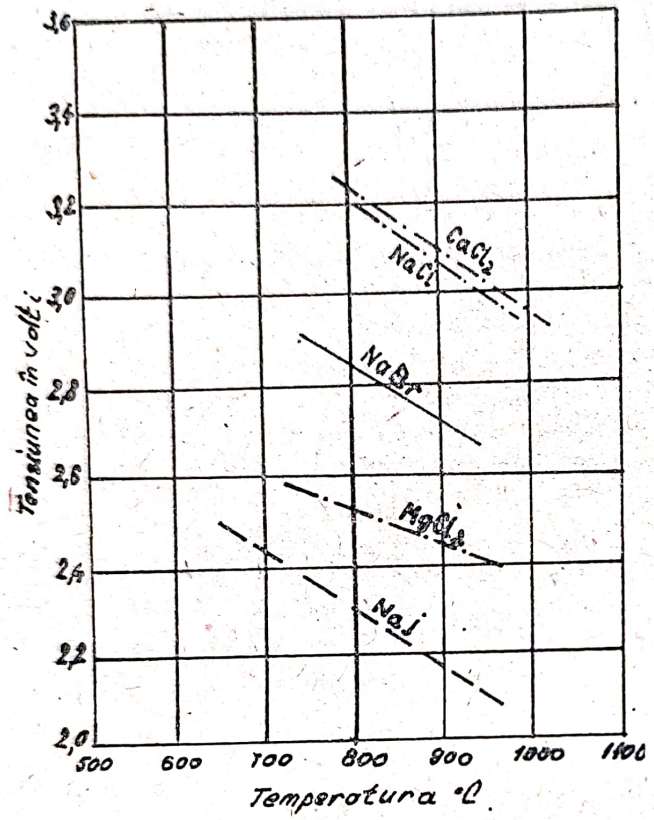


Fig. 1

După cum se vede din tabel, peste 330°C viteza de difuzie crește atît de mult încît peste această temperatură randamentul scade aproape la zero.

Regimul termic și energetic al electrolizei

O influență nesrtivă deosebită asupra randamtenului o are creșterea temperaturii de lucru nu numai datorită creșterii solubilității sodiului în topitură, ci și datorită oxidării mai intense a sodiului și datorită creșterii pierderilor termice. Tocmai datorită acestor cauze, temperatura hidroxidului de sodiu, se va menține în intervalul de 310—330°C. Această temperatură se menține în celulă în cazul unei izolări termice adecvate datorită efectului Joule produs de curentul ce trece prin celulă. Cantitatea de căldură care se degajă prin efectul Joule pe unitatea de volum a electrolitului depinde de densitatea curentului, de tensiune și de distanța dintre electrozi. Alegerea acestor factori interdependenți care de fapt determină un regim termic și energetic optim, reprezintă una din problemele cele mai importante și mai grele în construirea celulei de electroliză.

Stația pilot pentru electroliza hidroxidului de sodiu topit a fost proiectată la următorii parametri :

— intensitatea curentului . . . . . .80—150 A
— tensiunea de lucru . . . . . .5 V.
— densitate catodică de curent . . . . . .2—4 A/cm²
— temperatura de lucru . . . . . .310—330°C
— îndepărtare automată a sodiului.

Stația pilot are următoarele părți componente :

1. Bloc de alimentare automată cu energie electrică (fig. 2). Se compune din :

a) redresor de putere, format dnitr-un transformator capabil să furnizeze pe secunder un curent de pînă la 200 A. la o tensiune între

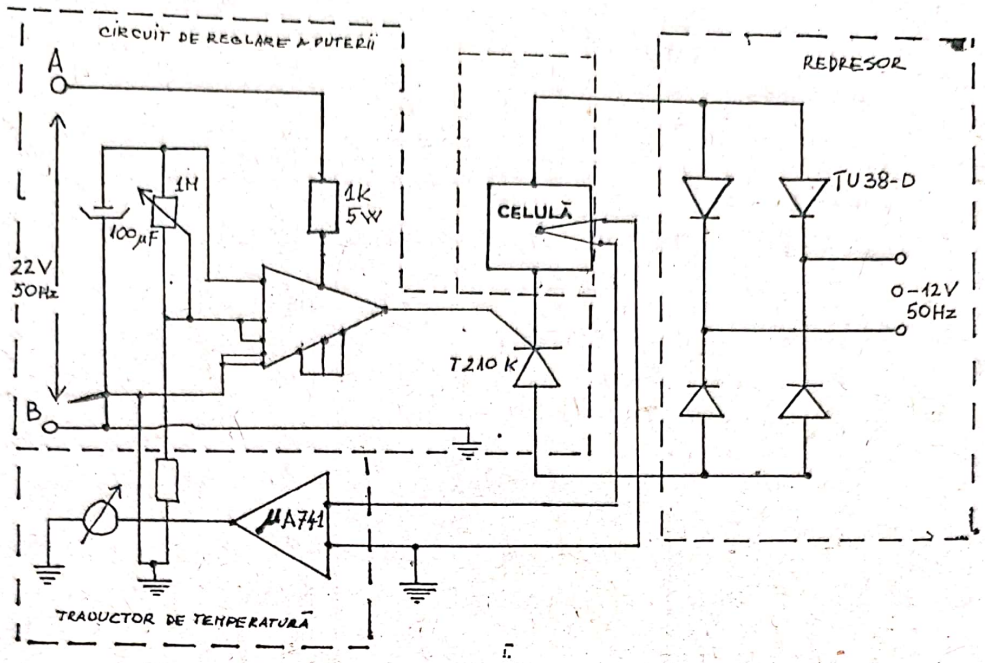


Fig. 2

2—12 V. și un circuit de redresare format din 4 diode de mare putere de tip T U 38 D.

b) traductorul de temperatură este format din:

— termocuplu Ni—CrNi

— circuit de amplificare

— instrument de măsură

Se pot măsura temperaturi pînă la 800°C cu o precizie de $\pm$5°C. Calibrarea instrumentului s-a făcut folosind punctele termodinamice de topire ale cîtorva substanțe (Pb, Zn, Al, NaCl);

c) circuitul de reglare automată a puterii de celulă comandă tensiunea de poartă a tiristorului de mare putere de tip T 210 K în așa fel încît atunci cînd crește temperatura în celulă, înregistrată de traductorul de temperatură, scade puterea ce trece prin celulă, ceea ce bineînțeles că va uce la scăderea temperatrrii.

2. Celula de electroliză este redată în figura 3.

Catodul axial (2) este introdus prin fundul rezervorului cilindric (1) și fixat cu ajutorul hidroxidului de sodiu solidificat, care izolează în același timp și din punct de vedere electric. Anodul (3) de formă inelară este fixat pe capacul (13) care este confecționat dintr-un material rezistent și izolator electric. Deasupra catodului este așezat colectorul de sodiu (6) cu capătul său inferior cufundat în electrolit. La marginea inferioară a colectorului este fixată diafragma (4) confecționată dintr-o sită deasă de cupru. Diafragma are rolul de a micșora difuziunea sodiului spre anod. Sodiul format se ridică la suprafață și se adună în colectorul (6), iar de aici este evacuat în tubul lateral (7) în rezervorul (10). Hidrogenul format prin descompunerea apei, este introdus în rezervorul de sodiu prin tubul (11), iar de acolo se evacuează în atmosferă. Astfel în regim

Scanned with OKEN Scanner

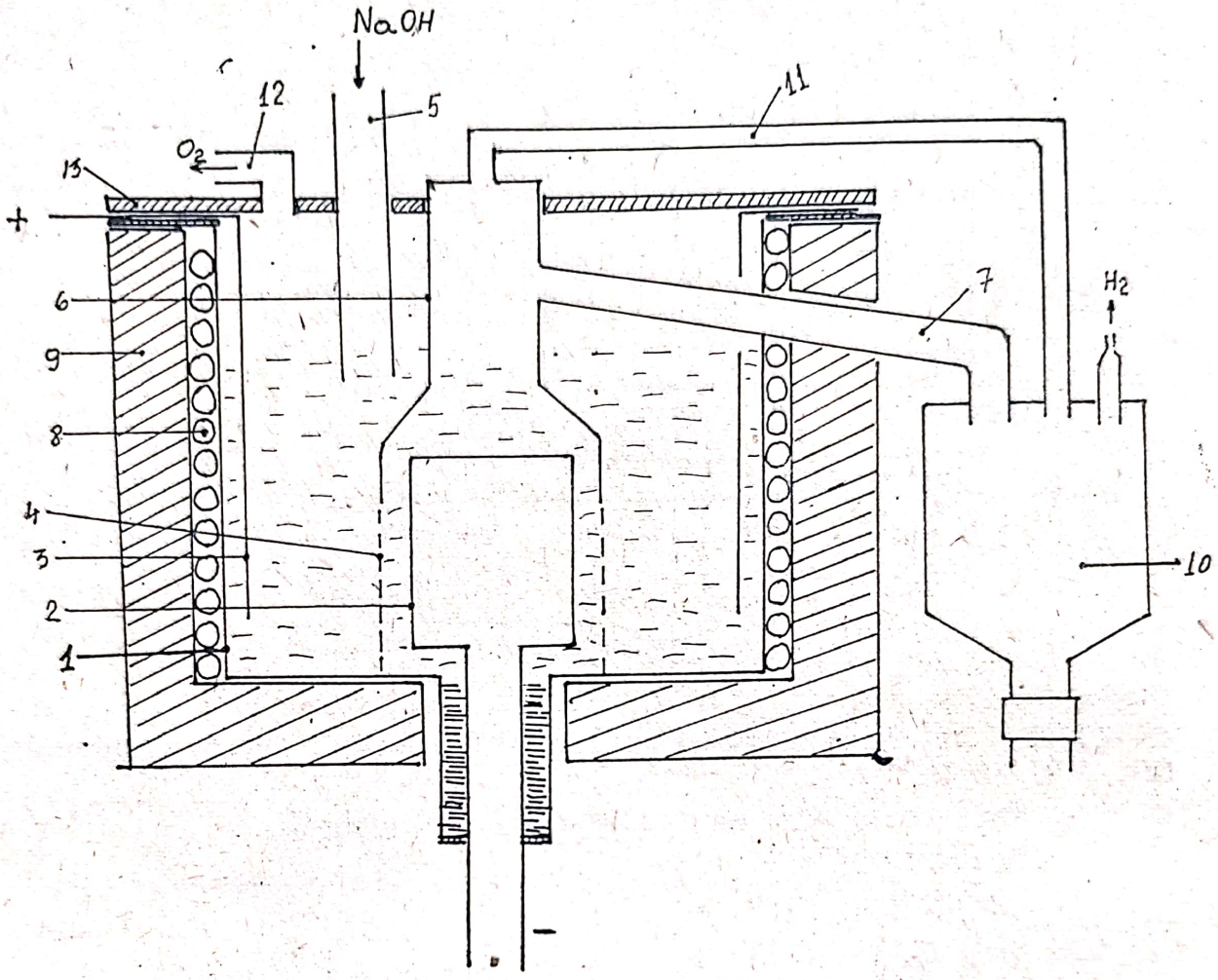


Fig. 3

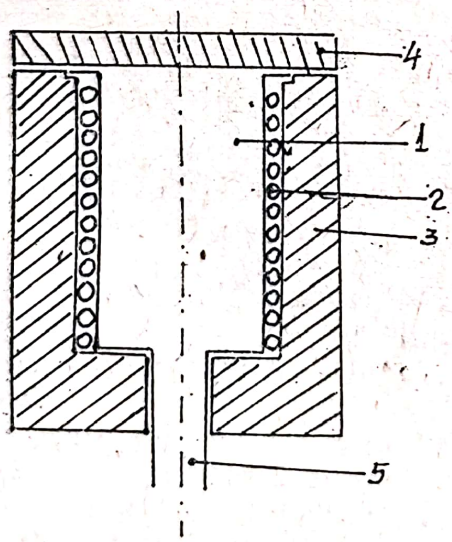


Fig. 4

continuu de funcționare, sodiul se află în mediu reducător, oxidarea lui fiind astfel mult redusă. Oxigenul format în spațiul anodic este aspirat prin tubul (12) cu ajutorul unei pompe de apă. Alimentarea electrolizoului se face cu hidroxid de sodiu cît mai pur topit într-un cuptor electric montat pe capacul celulei (fig. 4). Acesta este format dintr-un creuzet metalic de formă cilindrică în jurul căruia este așezată o rezistență de încălzire de 400 W, izolat cu mărgele de ceramică. Izolația termică a cuptorului s-a confecționat din BCA (beton celular autoclavizat). Viteză de încălzire fiind mare, topitura hidroxidului are loc foarte repede, topitura curgînd direct în celulă prin tubul (5). Toate părțile componente ale instalației au fost confecționate din oțel inoxidabil.

Scanned with OKEN Scanner

FENOMENUL DE SUPRACONDUCTIBILITATE ȘI APLICAȚIILE SALE

Prof. *ROMULUS POP*, prof. *VIORICA POP*, Baia Mare

Fenomenul de supraconductibilitate a suscitat și continuă să suscite un interes deosebit în rîndul specialiștilor în fenomene la temperaturi joase atît datorită mecanismului care determină apariția sa cît și datorită multiplelor și valoroaselor aplicații pe care le are.

Înainte de a vorbi mai pe larg despre fenomenul de supraconductibilitate să facem o scurtă enumerare cronologică a celor mai importante realizări din domeniul temperaturilor joase de la sfîrșitul secolului XIX și începutul secolului XX : 1877 — francezul Louis Cailletet obține oxigen lichid sub forma unor picături de ceață la temperatura de 90,2 K ; 1898 — scoțianul James Dewar produce hidrogen lichid la 20,4 K ; 1908 — olandezul Kammerlingh Onnes obține heliu lichid sub forma unor picături mici la 4,2 K ; 1911 — K. Onnes descoperă fenomenul de supraconductibilitate la mercur (fig. 1).

Cea mai șocantă caracteristică a fenomenului de supraconductibilitate este dispariția rezistenței electrice la anumite metale sau aliaje răcite sub o anumită temperatură critică, T_c, care pentru majoritatea materialelor supraconductoare este sub 20 K.

O altă proprietate foarte importantă este descoperită în anul 1933 de către fizicienii germani W. Meissner și R. Ochsenfeld, și anume faptul că un supraconductor este un diamagnet perfect, adică la răcirea sub o anumită temperatură cîmpul magnetic este expulzat din corp.

Primele încercări de a explica fenomenul s-au soldat cu apariția unor modele macroscopice. Prima tratare teoretică a fost cea termodinamică și a dus la concluzia că entropia descrește puternic atunci cînd supraconductorul este răcit sub T_c (fig. 2), deci starea supraconductoare este mai ordonată dect starea normală : o parte sau toți electronii care în stare normală sînt excitați termic sînt ordonați în stare supraconductoare. În 1933 Rutgers obține o ecuație care dă discontinuitatea în căldura specifică în funcție de temperatura critică și variația cîmpului critic în funcție de temperatură, ecuație care îi porrtă numele :

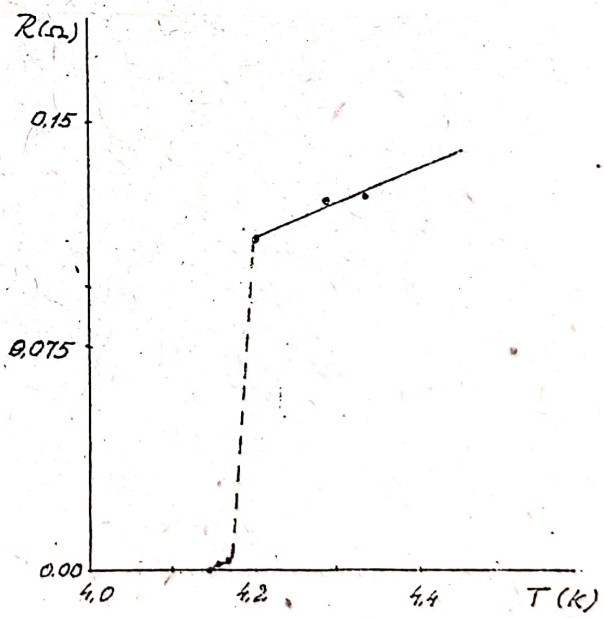


Fig. 1

$$C_s - C_n = \frac{T_c}{4\pi}(\partial H_c/\partial T)^2$$

iar dependența cîmpului critic de temperatură este dată de relația :

$$H_c = H_0[1 - (T/T_c)^2]$$

În tratarea electrodinamică s-a pornit de la ideea de a modifica o ecuație fundamentală a electrodinamicii astfel încît să se poată explica penetrația fluxului magnetic în straturi subțiri dar și efectul Meissner adică susceptibilitatea magnetică $\chi = -1$. S-a ajuns la ecuația

$$\nabla^2 \vec{B} = (\lambda_L)^{-2} \vec{B}$$

care permite existența unei soluții uniforme în spațiu, deci, în concordanță cu efectul Meissner, nu poate exista în supraconductor un cîmp magnetic uniform. Cîmpul în interiorul supraconductorului este :

$$B(x) = B_0 \exp(-x/\lambda_L)$$

λ_L este o mărime numită adîncime de pătrundere London $\lambda_L = \left(\frac{m}{\mu_0 n g^2}\right)^{1/2}$. Deci într-o pătură subțire, la suprafața supraconductorului, efectul Meissner nu este complet. Ecuația obținută de London este o ecuație locală care leagă densitatea de curent într-un punct de potențialul vectorîn punct, respectiv :

$$\vec{J}(\vec{r}) = -\frac{1}{\mu_0 \lambda_L^2} \vec{A}(\vec{r})$$

În 1930 fizicienii olandezi C. Gorter și H. B. G. Casimir formulează primul model teoretic, macroscopic, al fenomenului : în

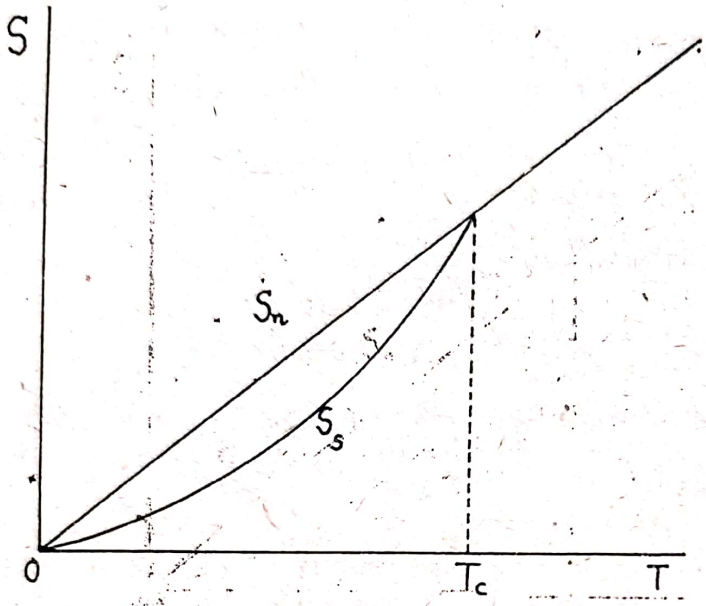


Fig. 2

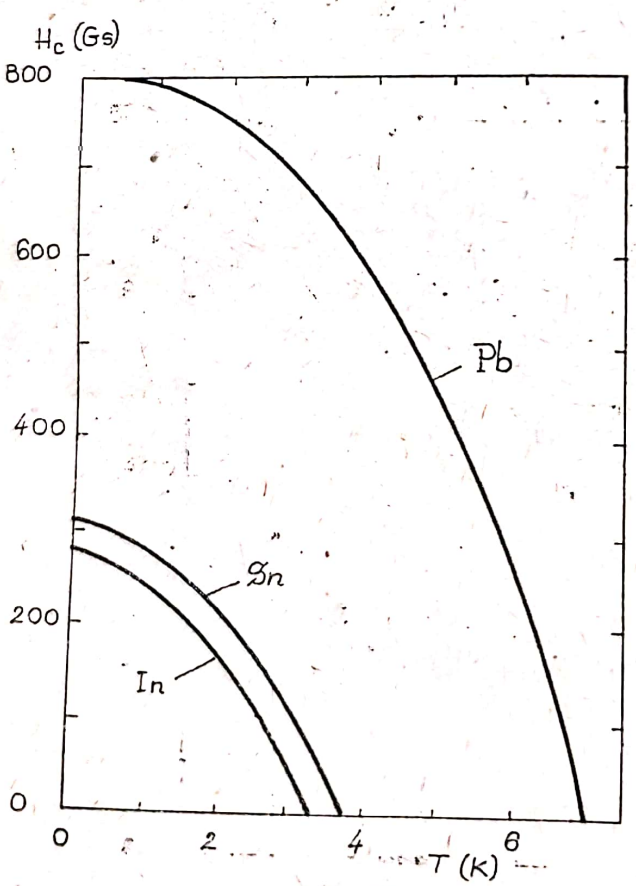


Fig. 3

stare supraconductoare coexistă două fluide de electroni, unul de electroni aflați în stare normală iar altul cu electroni supraconductori. S-a exprimat numărul de electroni supraconductori în funcție de numărul total de electroni cu relația:

$$n_s = n[1 - (T/T_c)^2]$$

Importanța modelului celor două fluide constă în: a) s-a dat un model pentru studierea tranziției de fază în concordanță cu comportarea cuasiparabolică a cîmpului critic în funcție de temperatură (fig. 3); b) În stare supraconductoare se admite existența unor electroni normali fapt verificat prin măsurători în microunde prin care s-au depistat pierderile mici datorate incompletei ecranări a electronilor normali de către electronii supraconductori. c) Combinarea cu teoria lui London a dus la concluzia că numai electronii de la nivelul Fermi iau parte la tranziții supraconductoare iar supraconductibilitatea este o proprietate a electronilor de transport.

În 1950 H. Frölich elaborează primul model microscopic arătînd că emisia virtuală și adsorbția virtuală de fononi de către electroni ar putea produce o interacție atractivă între electroni și o instabilitate constantă a nivelului Fermi. Previziunile lui Frölich pentru temperatura critică au fost eronate dar are meritul că prevede existența efectului izotopic:

$$T_c \sim \sqrt{M}$$

Ulterior s-a stabilit experimental că rețeaua are un rol deosebit și că cei mai slabi conductori la temperatură normală sînt materialele supraconductoare cu temperatura critică cea mai înaltă. De remarcat că la temperatura camerei rezistivitatea metalelor netranziționale este atribuită unui cuplaj puternic electron-fonon.

Teoria Ghinsburg-Landau. În 1937 și apoi în 1943 Lev D. Landau a studiat intens trecerea dinstare normală în stare supraconductoare, introducînd ideea existenței unei stări intermediare în acest proces. El a arătat că în stare intermediară supraconductorul poate fi considerat ca fiind compus dintr-o serie de straturi alternative de faze normale și supraconductoare și a determinat dimensiunile și forma acestor straturi în funcție de cîmpul exterior. Cel mai notabil fapt este că el a introdus noțiunea de tensiune superficială între fazele normală și supraconductoare. Existența straturilor a fost confirmată experimental de E. Lifșiț și Y. Sarvin.

În 1950 L. Landau în colaborare cu V. Ghinsburg a elaborat teoria fenomenologică, cuasimicroscopică, a supraconductibilității, care a permis explicarea unei serii de proprietăți importante și s-a putut calcula valoarea energiei superficiale între fazele normală și supraconductoare. Pe baza lucrărilor lui Landau și Ghinsburg, Abrikosov a elaborat între 1952 și 1957 o teorie a proprietăților magnetice a aliajelor supraconductoare și a introdus noțiunea de supraconductori de speța a II-

Scanned with OKEN Scanner

Ghinsburg și Landau descriu supraconductorul cu ajutorul unui parametru de ordine complex $\psi(\vec{r})$.

$$\psi(\vec{r}) = \begin{cases} 0 & \text{pt.} \quad T \geqslant T_c \\ \neq 0 & \text{pt.} \quad T < T_c \end{cases}$$

$|\psi|$ este mic în apropierea temperaturii critice și densitatea de energie liberă microscopică F_{s0} a stării supraconductoare în cîmp zero este presupusă ca fiind dată de dezvoltarea :

$$F_{s0} = F_{n0} + a\,|\psi|^2 + \frac{1}{2}\, b\,|\psi|^4 + \ldots$$

a și b sînt constante fenomenologice, reale, dependente de temperatură. Impulsul în cîmp magnetic al unui purtător de sarcină a fost scris :

$$p = \frac{1}{2m^*}\left[\left(-i\hbar\nabla + \frac{e^*\vec{A}}{c}\right)\psi\right]^2$$

unde m^* și e^* sînt masa efectivă și, respectiv, sarcina efectivă a purtătorilor mobili. $\text{rot}\,\vec{A}(\vec{r}) = \vec{h}(\vec{r})$ este cîmpul magnetic microscopic. S-a ales pentru energia liberă a stării supraconductoare în cîmp diferit de zero expresia :

$$F_s = F_{n0} + a\,|\psi|^2 + \frac{1}{2}\, b\,|\psi|^4 + \frac{1}{2m^*}\left[\left(-i\hbar\nabla + \frac{e^*\vec{A}}{c}\right)\psi\right]^2 + \frac{h^2}{8\pi}\cdot$$

$h^2/8\pi$ este densitatea de energie a cîmpului magnetic.

Nu există termeni la puterea întîia și a treia din motive de stabilitate în punctul critic. Valoarea parametrului de ordine în funcție de temperatură în apropierea punctului de tranziție se determină din condiția de minim a potențialului termodinamic. Din $F_s' = 0$ obținem :

$$\frac{1}{2m^*}\left(-i\hbar\nabla + \frac{e^*}{c}\vec{A}\right)\psi + a\psi + b\,|\psi|^2\psi = 0$$

Pornind de la această ecuație, făcînd o substituție a lui ψ în funcție de gapul energetic Δ :

$$\psi(\vec{r}) = \left[\frac{7\,\zeta(3)}{8\pi^2\,T_c}\right]^{1/2}\cdot\Delta(\vec{r}) \quad \text{unde} \quad \zeta(3) = \frac{2}{7}\int_0^\infty \frac{y^2}{\text{sh}\,y}\,dy$$

după calcule destul de laborioase s-a ajuns la următoarea relație

$$\Delta(T) \approx k_B T_c \pi \left[\frac{8}{7\zeta(3)}\right]^{1/2}\cdot\left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^{1/2} \approx 3{,}06\ k_B T_c \left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^{1/2}$$

Scanned with OKEN Scanner

care dă dependența de temperatură a gapului energetic, iar pentru cîmpul critic la o dependență de forma :

$$H_c(T) = H_c(0)\, e^{\gamma} \left[\frac{8}{7\zeta(3)}\right]^{1/2} \left(1 - \frac{T}{T_c}\right) \approx 1{,}74\, H_c(0) \left(1 - \frac{T}{T_c}\right)$$

și

$$\left.\frac{c_s - c_n}{c_n}\right|_{T_c} = \frac{12}{7\zeta(3)} \approx 1{,}43$$

aceste rezultate fiind în bună concordanță cu datele experimentale pentru temperaturi apropiate de T_c, dacă pentru masa efectivă a purtătorilor de sarcină în supraconductor se ia valoarea $m^* = 2m_e$ și sarcina efectivă $e^* = 2e$. Aceste relații au șocat iar autorii nu au reușit să găsească o explicație imediată. După apariția teoriei BCS, fizicianul sovietic Gorkov a arătat că ecuațiile Ghinsburg-Landau se pot obține și fără introducerea unor parametrii fenomenologici, din teoria BCS.

Teoria BCS. În 1956 Leon Cooper arată că orice interacție atractivă între electronii dintr-un metal conduce la o instabilitate a stării normale. În 1957 John Bardeen, Leon Cooper și Robert Schrieffer prezintă un hamiltonian simplificat pentru sistemul electron-fonon, care arată că fenomenul de supraconductibilitate rezultă clar din soluțiile ecuației de mișcare scrisă pentru respectivul hamiltonian. Conform modelului BCS, starea fundamentală a supraconductorului, complet ocupată la $T = 0$ K, constă din electroni împerechiați, avînd momente cinetice și spini opuși. Astfel dispare susceptibilitatea de spin și se prezice o deplasare Knight egală cu zero pentru RMN. Stările excitate ale sistemului rezultă din ruperea perechilor Cooper, proces care necesită o energie minimă $2\varepsilon(T)$, deci în spectrul energetic de excitație al electronilor apare un gap energetic, adică o bandă interzisă (fig. 4).

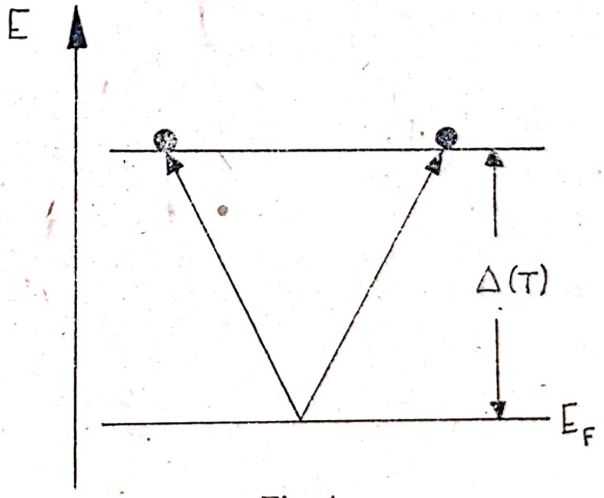


Fig. 4

Perechile din starea fundamentală reprezintă un fluid ordonat ca moment și spin, deci nu contribuie la entropie, nu iau parte la procese termice și nu dau rezistență la transport.

Problema care se punea era să se construiască starea fundamentală, deci funcția de undă care să descrie starea fundamentală, și hamiltonianul adecvat. Funcția de undă aleasă în modelul BCS este :

$$\psi_{BCS} = \prod_k (U_k + V_k\, C^+_{k\uparrow} C_{-k\downarrow}) \mid 0 >$$

unde coeficienții U_k și V_k trebuie determinați.

Scanned with OKEN Scanner

Hamiltonianul ales este :

$$H_{BCS} = \sum_k \varepsilon(k) C_k^+ C_k + \frac{1}{2} \sum_{kk'} I_{kk'} C_k^+ C_{-k}^+ C_{-k'} C_{k'}$$

Eleganța și puterea teoriei BCS constă în posibilitatea ce o oferă de a se calcula selfconsistent gapul și spectrul energetic :

$$E(k) = \pm \{\Delta^2 + [(\hbar^2 k^2/2m) - \mu]^2\}^{1/2}; \quad \Delta(0) = 1{,}76 T_c$$

Relația pentru gap este calculată pentru supraconductori cu cuplaj electron-fonon slab.

Din punct de vedere al materialelor supraconductoare, cel mai important rezultat al teoriei BCS constă în obținerea relației care dă temperatura critică în funcție de frecvența medie de vibrație $\langle\omega\rangle$, densitatea de stări la nivelul Fermi $N(0)$ și potențialul de interacție electron-fonon I :

$$T_c = 1{,}14\langle\omega\rangle e^{-2/N(0)I}$$

Această relație are o singularitate la $N(0)I = 0$ și din această cauză nu poate fi obținută cu ajutorul teoriei perturbațiilor. Ecuația temperaturii critice menține efectul izotopic deoarece $N(0)I$ nu variază în funcție de masa ionului.

La ora actuală teoria BCS (care dă rezultate satisfăcătoare numai pentru supraconductori cu cuplaj slab fig. 5) este folosită sub o formă mai rafinată din punct de vedere matematic și cu anumite completări. Voi menționa metoda folosită de McMillan, care a făcut o separare a parametrilor care dau contribuții la T_c incluzînd atît cuplaje puternice între electroni și sistemul de fononoi cît și respingerea Coulomb dintre electroni. El a obținut pentru temperatura critică expresia :

$$T_c = \frac{\theta}{1{,}45} \exp. \frac{-1{,}04(1 + \lambda)}{\lambda - \mu^*(1 + 0{,}62\lambda)}$$

în care a considerat o anumită distribuție a fononilor. $\mu^*(0, 1)$ este o măsură a interacției Coulomb iar λ este o măsură a interacției electron-fonon, care pentru metalele de tranziție este destul de greu de calculat.

Materiale supraconductoare. La ora actuală materialele supraconductoare se împart în următoarele patru categorii : metale de tranziție, semiconductori supraconductori, supraconductori granulari și compuși cu straturi intercalate.

Pentru metale tranziționale orbitalii d sau f coincid în parte cu banda de de conducție iar gradul ridicat de localizare limitează orice model de electroni liberi fiind necesare calcule de structuri de bandă dar multiplicitatea de nivele și lipsa unei idei călăuzitoare blochează deocamdată calea spre progrese notabile. Este un fapt paradoxal că în timp ce metalele de tranziție, elemente sau compuși metalici, sînt clasa de materiale cu temperatură critică maximă, ele sînt și materialele la care descifrarea mecanismelor microscopice lasă cel mai mult de dorit.

Scanned with OKEN Scanner

Clasa supraconductorilor semiconductori (semiconductori la temperatura camerei) include GeTe, $SrTiO_3$, SnTe și InTe, care sînt semiconductori degeneraţi cu o concentraţie de purtători/cm^3 care variază de la 10^{19} la 10^{22}. Asemănarea lor cu metalele tranziţionale constă în numărul mic de

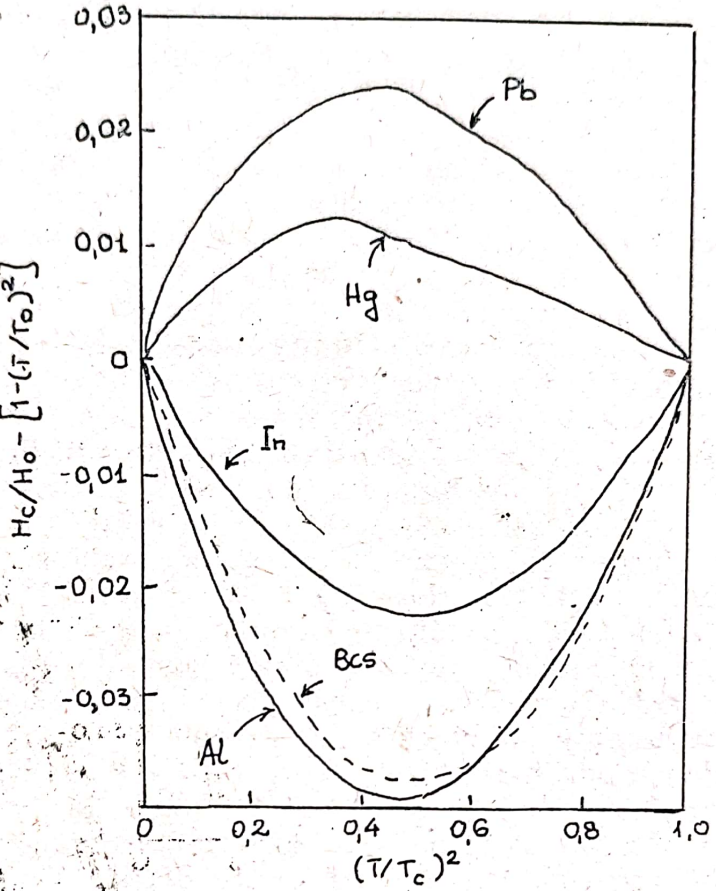


Fig. 5

purtători. Aceste materiale au temperaturi de tranziţie supraconductoare scăzute, sînt supraconductori de speţa a-II-a iar interesul manifestat faţă de ei rezultă din posibilitatea de a explora relaţia dintre T_c şi concentraţia purtătorilor, problemă esenţială a materialelor cu T_c coborît.

Supraconductorii granulari constau din granule cu dimensiuni de pînă la 30 Å înconjurate de bariere de tunelare şi se remarcă prin proprietatea interesantă că temperatura de tranziţie este de cîteva ori mai mare decît a probelor masive confecţionate din acelaşi material. Rezistivitatea care apare la materiale granulare se explică prin tunelare între granule. Tranziţia bruscă şi buna concordanţă cu teoria BCS implică faptul că granulele supraconductoare sînt puternic cuplate între ele tranziţiile dintre ele fiind de tip Josephson. Pierderea proprietăţilor supraconductoare se datoreşte decuplării dintre granule, chiar dacă acestea rămîn în continuare supraconductoare.

S-a constatat că anumite materiale care nu devin supraconductoare nici la temperaturi foarte scăzute pot să-şi modifice comportarea dacă se intercalează în ele straturi de metale alcaline. Este interesant că s-a găsit o clasă largă de substanţe organice ce pot fi folosite la intercalare pentru

obținerea supraconductorilor cu straturi intercalate și deși temperaturile de tranziție sînt în general scăzute, sub 4K, materialele acestea sînt foarte importante prin structura lor anorganică și organică ridicînd problema unei eventuale folosiri a tehnicilor specifice chimiei organice în supraconductibilitate.

Aplicațiile supraconductibilității. În prezent aplicația pe scara cea mai largă a supraconductorilor este pentru realizarea de bobine supraconductoare. Inițial s-au folosit aliaje de Nb-Zr și Nb_3Sn. Ulterior, pe baza teoriei GLAG se adaugă NbTi. Cu puține excepții materialele acestea lucrează în jurul lui 4K, foarte puțină atenție acordîndu-se creșterii temperaturii de funcționare. La realizarea primilor solenoizi supraconductori s-a constatat o anumită degradare a lor, datorită instabilității în distribuția curentului ceea ce conducea la crearea de regiuni normale în care apărea brusc o mare degajare de energie prin efect Joule. Aceste neplăceri au necesitat îmbrăcarea cablului supraconductor cu un manșon izolator din cupru care, în caz de accident, să preia o parte din curent. În prezent se realizează cabluri multifilamentare ce se obțin prin procese metalurgice. Magneții supraconductori vor avea un rol din ce în ce mai mare datorită faptului că sînt imperios necesari la generatoarele magnetohidrodinamice și dispozitivele pentru controlul fuziunii nucleare. O caracteristică deosebită a magneților supraconductori este faptul că pot stoca energie în mod avantajos : 100 — 200 kg/MJ la stocări de energie între 10 și 100 MJ, net superior față de acumulatoarele sau bateriile electrice. Tot în domeniul energeticii trebuie amintiți generatorii supraconductori cu puteri între 80 kW și 5MW. Aplicații spectaculoase s-a constatat că au dispozitivele realizate pe baza efectului Josephson care sînt extrem de sensibile față de cîmpuri magnetice și temperatură dînd răspuns la radiații cu lungime de undă între 30 cm și 0,1 mm la fluxuri de 10^{-13}W. Interferometrul cuantic supraconductor poate măsura cîmpuri magnetice de 10^{-11}G. Galvanometrul supraconductor construit de Clarke poate detecta tensiuni de 10^{-17}V și se speră să poată fi folosit pentru a măsura cîmpuri de 10^{-13}G. Deocamdată asemenea dispozitive nu sînt competitive deși nu au, de departe, nici un rival.

Alte aplicații interesante ale supraconductorilor sînt la inele cu curenți persistenți folosite în cercetări ale plasmei, sfere supraconductoare în stare de levitație pot fi folosite ca giroscoape ultrasensibile, crearea de regiuni macroscopice cu cîmp zero, detectori foarte sensibili de radiație, comutatori de temperatură, separarea magnetică a minereurilor și curățirea de praf și transport la viteze mari pe baza levitației magnetice.

BIBLIOGRAFIE

1. *Frolich, H.*, Phys. Rev. 79, 845, 1950.
2. *Ginsburg, V. L. Landau* L.D.J.E.T.F. 20, 1004, 1950.
3. *Abrikosov A. A.* J. Phys. Chem. Solids, 2199, 1957.
4. *Gorokov, L. P.* J.E.T.F. 9, 1934, 1959.
5. *Anderson P. W., Kim, Y. B.*, Rev. Mod. Phys. 36, 39, 1964.
6. *Josephson, B. D.* Phys. Lett. 1, 251, 1962 ; Rev. Mod. Phys. 36, 216, 1964.
7. *Clarke, J.*, Phil. Mag. 13, 115, 1966.
8. *Cohen, R. W., Cody G. D., Halloran, J.* J. Phys., Rev. 36, 363, 1972.
9. *Leger, A., Klein, J.* Phys. Lett., 28A, 751, 1969.
10. *Tinkham, M.*, Rev. Mod. Phys., 36, 268, 1964.

Scanned with OKEN Scanner

DIMETILFORMAMIDA (DMF)

Prof. *PĂȘTIN ELENA*, Cîmpulung Muscel

Dimetilformamida este o substanță mult utilizată în industria medicamentelor, la fabricarea poliacrilonitrilului, la obținerea izoprenului, la analiza unor compuși, în special a sărurilor anorganice pe care le dizolvă bine, grație calităților de bun solvent.

Din același motiv, DMF își găsește aplicare la extragerea acetilenei, a hidrocarburilor aromatice și dienice, a ciclopentadienei.

Dimetilformamida formează un mediu toxic la fabricarea coloranților sintetici, a cauciucului, a medicamentelor, acolo unde se folosește ca solvent, ca agent de filare, etc. Astfel, o cantitate mică de dimetilformamidă în mediu are o acțiune psihotică asupra omului, provoacă gastrite acute, leziuni ale celulelor hepatice și ale citoplasmei.

Toate aceste considerente justifică interesul meu pentru un studiu profund asupra acestei substanțe, privind metodele de obținere, proprietățile fizice și chimice și găsirea unor metode de analiză calitativă și cantitativă.

1. Obținerea dimetilformamidei

a) Dimetilformamida, se obține destul de greu și niciodată foarte pură. Procedeul general de obținere a formamidelor substituite constă în tratarea aminelor primare și secundare cu CO la presiune și temperatură ridicate în prezența apei. Astfel, din soluția apoasă de dimetilamină 41% tratată cu CO în autoclave rotitoare la 150°C și 200 atm. s-a obținut dimetilformamida, după ce produsul a fost distilat pentru îndepărtarea apei. (2, 3).

b) O altă variantă (4), indică obținerea dimetliformamidei și a derivaților săi prin carbonilarea amoniacului, aminelor primare și secundare cu CO în prezență de apă și folosind catalizatori de cupru sau $Cu(CN)_2$, la 60 atm. Amestecul de dimetilamină ($(CH_3)_2NH$)), catalizator și CO se încălzește în autoclave la 100—110°C, timp de 5 ore sub agitare. Se obține dimetilformamida 34%. Prin îmbunătățirea acestui procedeu se obține un produs ce conține 78% dimetilformamidă, 17% metilformamidă și 1% dimetilacetamidă (5).

$$CO + (CH_3)_2NH \xrightarrow[200\ atm.]{150^\circ} H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-N\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}$$

Se poate folosi catalizator și metoxid de sodiu.

c) Dimetilformamida se poate obține și din formiat de metil și dimetil amină :

$$H\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OCH_3 + (CH_3)_2NH \rightarrow H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-N\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix} + CH_3-OH$$

Scanned with OKEN Scanner

d) Prin tratarea aminelor secundare cu cloruri acide se pot obține dialchilformamide :

$$(CH_3)_2NH + H-COCl \rightarrow H-CO-N(CH_3)_2 + HCl$$

Dintre procedeele industriale de fabricare a dimetilformamidei (6) cele mai importante sînt :

e) Amidarea directă a acidului formic cu $(CH_3)_2NH$. Dimetilamina se sintetizează plecînd de la formalehidă și sulfat de amoniu după reacția :

$$6CH_2O + (NH_4)_2SO_4 \rightarrow [NH(CH_3)_2]_2\,H_2SO_4 + 2CO_2 + 2H_2O$$

Această reacție principală este însoțită de următoarele reacții secundare :

$$4CH_2O + (NH_4)_2SO_4 \rightarrow (NH_2CH_3)_2H_2SO_4 + 2CO + 2H_2O$$

$$8CH_2O + (NH_4)_2SO_4 \rightarrow [N(CH_3)_3]_2H_2SO_4 + 2CO + 2H_2O$$

Sinteza sulfatului de amină are loc la o temperatură sub 20°C, iar sulfatul de amoniu trebuie introdus în sistemul de reacție în cantități mici pentru evitarea exploziilor. Soluția concentrată de sulfat de amoniu este tratată cu soluție de 40 % NaOH pentru neutralizarea și regenerarea aminelor libere. Amina se usucă prin trecere printr-un turn cu NaOH. Prepararea dimetilformamidei se bazează pe reacția de deshidratare a sării acidului formic cu dimetilamina :

$$H-CCOH + (CH_3)_2NH \rightarrow H-C(=O)-ONH_2\,(CH_3)_2 \xrightarrow{-H_2O} H-C(=O)-N(CH_3)_2$$

Deshidratarea se face prin încălzire la fierbere în prezență de exces de amină, care împiedică descompunerea formiatului de dimetilamină. Produsul brut se supune distilării; fracția care distilă între 130—161°C reprezentînd dimetilformamida tehnică. Se purifică prin distilări repetate și se separă fracția 152—153°C.

f) Amidarea esterului acidului formic cu dimetilamina. Dimetilformamida se obține plecînd de la formiat de metil :

$$H-C(=O)-OCH_3 + (CH_3)_2NH \rightarrow H-C(=O)-N(CH_3)_2 + CH_3OH$$

Pentru această variantă dimetilamina este condensată, depozitată și menținută la o temperatură de —10°C. Formiatul de metil se prepară prin două procedee :

— esterificarea $H-COOH$ cu CH_3OH :

$$HCOOH + CH_3OH \rightarrow H-C(=O)-OCH_3 + H_2O$$

în prezență de catalizatori ($CaCl_2$, H_2SO_4, HCl)

Scanned with OKEN Scanner

— catalitic, la presiune și temperatură mare din CO și metanol, metanolul fiind regenerat permanent:

$$(CH_3)_2NH + H-COOCH_3 \rightarrow H-CON(CH_3)_2 + CH_3OH$$

g) Reacția directă a CO cu NH_3:

Reacția are loc în prezența metanolului și a catalizatorilor (acetat de potasiu) la temperaturi între 150—350°C și presiuni între 300—1000atm. Deși condițiile în care decurge reacția sînt severe, totuși, datorită numărului redus de faze, această metodă este mai avantajoasă decît celelalte, din punct de vedere tehnico-economic.

2. Proprietățile fizice și chimice ale dimetilformamidei

a). *Proprietățile fizice.* Dimetilformamida este un lichid incolor, miscibil cu apa, eterul etilic și benzenul. Este remarcabilă prin puterea mare de solvatare. În tabel sînt date cîteva constante fizice ale dimetilformamidei:

Substanța	p·t°c	p·t°c	d_n^{20}	n_0^{15}
DMF	—61°C	153	0,9455	1,4692

b). *Priorietățile chimice*

1. Hidroliza dimetilformamidei are loc foarte ușor chiar în prezența unor cantități mici de apă cu formarea HCOOH și dimetilaminei, urmînd cinetica unei reacții de echilibru; se presupune că intermediar se formează formiatul de metil amoniu care se identifică în cantitate mică la analiza produșilor de hidroliză:

$$HCON(CH_3)_2 + H_2O \rightleftharpoons HCOO^-H_2N^+(CH_3)_2 \rightleftharpoons HCOOH + (CH_3)_2N$$

Reacția de hidroliză este catalizată de acizi și baze.

În prezența NaOH 10*n* hidroliza are loc complet, dacă se încălzește pe baie de apă 30 minute.

Mecanismul reacției urmează schema generală de hidroliză a amidelor cu deosebire că din reacție nu mai rezultă amoniac și o amină secundară:

$$H-CO-N(CH_3)_2 + NaOH \rightarrow H-C(OH)(ONa)-N(CH_3)_2$$

instabil

$$H-C(OH)(ONa)-N(CH_3)_2 \rightarrow HCOONa + (CH_3)_2NH$$

$$HCOONa \xrightarrow{H_2O} HCOOH + NaOH$$

Studiul cineticii reacției de hidroliză în prezență de catalitrtoWcid percloric, în prezență de canttăți mari de apă [7] și în prezență de acid sulfuric [8], a sugerat ideea studiului acestei reacții sub acțiunea catalitică a HCOOH care se formează pe parcursul hidrolizei. Acest studiu a fost împiedicat de formarea compusului intermediar — formiatul de dimetilamoniu. La un conținut de apă mai mare de 30 % (în greutate) hidroliza este blocată din cauta acumulării formiatului de dimetilamoniu. Pentru a înlătura acest efect, se introduce în sistem formiat de sodiu care modifică constanta de disociere mică a HCOOH și va influența descompunerea formiatului de dimetilamoniu.

Hidroliza dimetilformamidei în prezență de HCOOH se poate schematiza astfel :

$$HCON(CH_3)_2 + HCOOH \underset{\text{repede}}{\rightleftharpoons} NCONH^+(?H_3)_2 + HCOO^- \xrightarrow[\text{încet}]{H_2O}$$

$$\rightarrow (CH_3)_2N^+H_2^-OOCH + HCOOH$$

$$(CH_3)_2NH_2COOCH \xrightarrow{(HCOONa)} (CH_3)_2NH + HCOOH$$

Dacă în sistem se găsește o cantitate de apă mai mică de 20 %, hidroliza este catalizată cu preponderență de moleculele de HCOOH. Pentru cantități mai mari de apă în sistem se formează ioni H_3^+O care influențează mersul reacției.

Din cauza grupelor $-CH_3$ din moleculă, dimetilformamida nu va mai da reacțiile specifice ale grupării $-NH_2$ din amide : nu se deshidratează cu formare de nitrili, nu se degradează după mecanism Hoffmann, nu va condensa cu aldehidele. Dimetilformamida reacționează la încălzire, cu alcoolii cu formarea esterului și a trimetilaminei :

$$H-CON(CH_3)_2 + CH_3OH \rightarrow HCOOCH_3 + N(CH_3)_3$$

Dimetilformamida formează cu Al^{III} și Be^{II} săruri complexe de forma $Al^{III}(DMF)(ClO_4)_3$, cu stabilitate mare, care se folosesc în analizele unor izomeri cis-trans prin rezonanță magnetică protonică.

3. Metode de analiză a dimetilformamidei

Metodele de analiză a dimetilformamidei se bazează pe caracterul specific al unor reacții chimice ale acestei substanțe în prezența unor reactivi corespunzători. Pentru analiza calitativă și cantitativă se pot utiliza procedec chimice, fizice sau fizico-chimice.

Metode de identificare a dimetilformamidei

Se bazează pe reacții de culoare între dimetilformamida sau produșii săi de hidroliză și un reactiv specific.

În prezența sărurilor de Hg^{2+} sau Cu^{2+}, dimetilamina formează, în soluție de amoniac, un complex colorat cenușiu sau negru. Reacția este sensibilă pentru probe ce conțin cantități foarte mici de dimetilformamidă (9).

Scanned with OKEN Scanner

Cînd se lucrează cu o soluție de Cu^{2+} în mediu de amoniac apariția unei culori brune indică prezența dimetilformamidei.

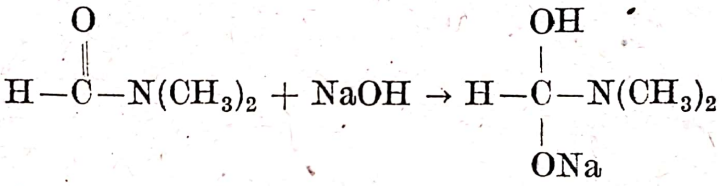
Și această metodă este sensibilă pentru cantități mici de dimetilformamidă.

Dimetilformamida se mai poate identifica prin conversia la formiați alcalini (10), și prin cromatografie în strat subțire.

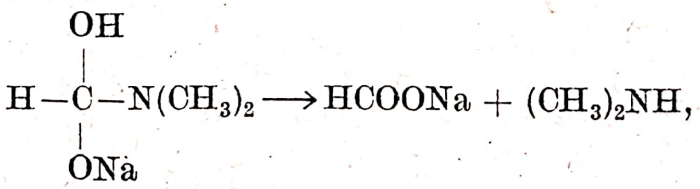
Metode de analiză cantitativă

Aceste metode se bazează pe analiza produșilor de hidroliză ai dimetilformamidei, acidul formic și dimetilamina.

a) O metodă de eterminare a dimetilformamidei (11) ar consta în hidroliza acesteia în mediu alcalin, trecerea produșilor prin coloane cu schimbători de ioni, cu reținerea aminei și dozarea acidului formic liber. Deși procedeul hidrolizei este cel mai ușor aplicabil, dezavantajul său constă în aceea că amida opune o oarecare rezistență la atacul nucleofilic cu alcalii apoase sau etanolice diluate, în afară de cazul cînd se folosește un exces de reactiv. Această dificultate a fost înlăturată hidrolizînd dimetilformamida cu soluție apoasă de NaOH concentrat, realizînd astfel accelerarea atacului nucleofilic:



Alcaliile în exces pot fi înlăturate prin neutralizarea cu o rășină schimbătoare de cationi (forma H^+). Sărurile acizilor carboxilici formate în timpul hidrolizei prin reacția:



sînt transformate în acizi liberi și titrate direct cu o soluție standard de alcalii.

Această metodă prezintă două dezavantaje:

— rășina se degradează termic la ~80°C;

— titrarea HCOOH în mediu apos dă punct de viraj slab, ceea ce duce la erori de analiză.

b) Cercetări făcute asupra probelor de DMF au arătat că acestea conțin HCOOH și $(CH_3)_2NH$ care se pot neutraliza reciproc, parțial sau total. În acest caz se presupune că proba de DMF poate fi analizată fără efectuarea prealabilă a hidrolizei. Componenta bazică este îndepărtată din sistem direct prin trecerea prin coloană cu schimbători de ioni, iar acidul este titrat cu soluție standard de NaOH. Pentru ca metoda să se poată aplica în această variantă, trebuia să se verifice posibilitatea titrării acidului formic în sistemul DMF-apă. Prezența dimetilformamidei nu

Scanned with OKEN Scanner

împiedică titrarea acidului formic cu soluţii de NaOH în prezenţă de timol-blue ca indicator, dacă concentraţia dimetilformamidei nu depăşeşte 20—25%.

O altă metodă de dozare a dimetilformamidei în soluţie apoasă constă în hidroliza acesteia şi separarea produsului de hidroliză mai volatil $(CH_3)_2NH$, care se dozează ulterior prin titrare în mediu anhidru. Cele mai corecte şi mai rapide rămîn metodele fizice de analiză : metode spectrometice IR, rezonanţa magnetică nucleară, ş. a.

BIBLIOGRAFIE

1. *Tolot, F* ; *Aradio F. L. Lengert, J. P.* — Arch. Mal. Prof. Med. Trav. Secur. Soc. 29, 714 (1968). Chem. Abstr. 71, 11363 X, 1969 ; 2. *Kolhing, M.* şi *Klement, H.* — East 14, 899 (1958) ; Chem. Albstr. 54,3204, 1960 ; 3. *Veb Leuna-Werke* — „Walter Ulbricht", Brit. 860. 805, 1961. Che. Abstr. 55, 16426 h (1961) ; 4. *Saegusa, T.* — Japan. 6926, 447 (1969). Chem. Abstr. 72, 12151 Z-(1970) ; 5. *Mozaki* — U.S. 3, 446. 842 (1969) ; Chem. Abstr. 7,41328 — t (1969) ; 6. idem Fibre sintetice, Ed. tehnică, 1960, pag. 333. 7. *Langlois S.* şi *Broche, A.* — Bull. Soc. Chim. France, 1964, 812 ; 8. *Mekriukova, T. V. Turiian,* Zhur. Anal. Kim. 23, 1711, 1968 ; 9. *Feigl, F.* — Chem. Analist 54—63 (1965) ; Chem. Abstr. 63, 8. g (1965) ; 10. *Feigl, F.* — Chem. Analist 50, 102 (1961) : Chem. Abstr. 56—93921 (1962) ; 11. *Tiwari, R. D.* — Indian J. Chem. 4—221, (1966).

PROPRIETĂŢI ŞI UTILIZĂRI ALE ULTRASUNETELOR

Prof. *RUSU OCTAVIAN**, ing. *RUSU ELENA***, Bucureşti

Dezvoltarea ştiinţei şi tehnicii în ultimele decenii a dus la crearea unor noi discipline ca : electronica, automatica, cosmonautica etc. Alte ştiinţe, cu vechime de secole, au luat în vremea din urmă o nouă înfăţişare. Printre acestea se numără şi acustica, care în decurs de mai multe decenii a devenit o ştiinţă modernă în continuă dezvoltare. La aceasta a contribuit posibilitatea producerii după dorinţă a sunetelor şi a amplificării şi înregistrării acestora, a redării şi transmiterii lor la distanţă. Însă ceea ce a contribuit cel mai mult la progresul acusticii a fost posibilitatea producerii ultrasunetelor şi a folosirii lor în numeroase şi variate domenii de activitate ale omului.

Undele acustice de înaltă frecvenţă transmise în gaze, lichide şi solide s-au dovedit a fi un puternic instrument pentru analiza unor proprietăţi a acestora. Termenul „ultrasunet" este utilizat la definirea undelor vibraţionale cu frecvenţă superioară frecvenţei limită perceptibilă de urechea umană, în general cuprind toate frecvenţele peste 16 kHz. Limita superioară de frecvenţă a undelor ultrasonore depinde de generatorul utilizat, iar maximul posibil este în jur de 10000 MHz.

Studiind fenomenele ce apar la trecerea unor unde acustice printr-un mediu, solid, lichid sau gazos se pot determina o serie de proprietăţi ale

* L. N. Bălcescu.
** Inst. Construcţii.

Scanned with OKEN Scanner

mediului studiat. De aici apare o dependență reciprocă între proprietățile caracteristice ale undelor și cele ale substanței. Pentru a putea fi folosite în studiul proprietăților unor substanțe este necesar ca undele să nu producă schimbări de natură fizico-chimică a substanțelor respective. Undele ultrasonore cu intensități mici nu produc astfel de schimbări în mediul prin care se propagă și ca urmare sînt cele mai indicate în acest sens. Undele ultrasonore cu intensități mari produc perturbații prin cavitație. Undele ultrasonore cu frecvență foarte ridicată nu se mai supun legilor mecanicii clasice, necesitînd aplicarea legilor mecanicii cuantice. Undele ultrasonore de frecvență înaltă au luat denumirea de microunde sau hipersunete. Domeniul lor începe de la aproximativ 10^9 Hz și se întinde în medii solide pînă la $10^{13}-10^{14}$ Hz, acestor frecvențe corespunzîndu-le lungimi de undă comparabile cu distanțele interatomice ($\nu = 10^{14}$ Hz este frecvența cea mai ridicată pe care o pot avea undele acustice).

Lungimea undei determină în cîteva cazuri aplicația specifică a undelor ultrasonore, în timp ce frecvența și mediul prin care unda trebuie să se propage, decid asupra tipului de generator folosit.

Propagarea undelor ultrasonore printr-un mediu se caracterizează prin două mărimi: viteza și absorbția.

Viteza de propagare a ultrasunetului se măsoară ușor, rapid și destul de precis, în timp ce măsurarea absorbției necesită o aparatură mai complicată, iar precizia rezultatelor este mică.

De aceea, studiul vitezei de propagare a ultrasunetelor s-a dezvoltat considerabil față de studiul absorbției. Propagarea ultrasunetelor în gaze se face numai prin unde longitudinale. Ecuația undei este:

$$\nabla^2 p = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 p}{\partial t^2},$$ unde p este presiunea cîmpului acustic.

În ecuația de propagare a undelor este inclusă, viteza de propagare a undelor c sau viteza sunetului. Această mărime reprezintă o caracteristică a mediului prin care se propagă sunetul, respectiv ultrasunetul și pentru o anumită temperatură și presiune poate fi considerată independentă de frecvență într-o bandă destul de largă. Într-adevăr, în domeniul ultrasunetelor, pînă la frecvențe de cîțiva MHz, variațiile vitezei undei acustice nu depășesc 3%, ceea ce face ca în practică să se poată considera viteza ca o constantă. La frecvențe de ordinul zecilor de MHz, această variație nu se mai poate neglija, deoarece intervin fenomene ce fac ca viteza să depindă de frecvență. Ținînd seama că pe timpul unei perioade, la o comprimare mediul elastic se încălzește și la rarefiere el se răcește, relația corespunzătoare vitezei de propagare a undei acustice se poate stabili în două ipoteze, și anume, una care presupune că schimbările de volum sînt izoterme, și alta care presupune că aceste schimbări sînt adiabatice. Cînd schimbările de volum sînt izoterme expresia vitezei este: $c = \sqrt{\frac{p}{\rho}}$ (1) iar în cazul cînd schimbările devolum sînt adiabatice expresia vitezei este $c = \sqrt{\gamma \frac{p}{\rho}}$ (2) unde p este presiunea la care se găsește gazul, prin care se propagă unda, (aflat în stare de repaus), ρ densitatea mediului și γ raportul căldurilor specifice, variabil după numărul atomilor existenți

Scanned with OKEN Scanner

în moleculă. Cum valorile determinate pe cale experimentală sînt mult mai apropiate de cele calculate prin aplicarea relației (2), decît cele obținute prin relația (1) rezultă că fenomenul propagării undelor acustice este foarte apropiat de un fenomen adiabatic și ca urmare se va lua în considerație numai relația (2). Cunoscînd că în cazul unui gaz ideal este valabilă legea $pV_\mu = RT$ unde V_μ este volumul molar al gazului, rezultă pentru viteza de propagare a undelor acustice în gaze relația:

$$c = \sqrt{\gamma \cdot \frac{RTV_M}{V_M \cdot M}} = \sqrt{\gamma \cdot \frac{RT}{M}} \qquad (3)$$

Relația aceasta pune în dependență viteza de temperatură și structura moleculară a gazului. Expresia (2), care permite calculul vitezei, este valabilă numai atunci cînd propagarea undei acustice se face fără pierderi de energie, pierderi cauzate de vîscozitate, de conductibilitatea termică, de radiații sau de alte cauze. Într-un mediu vîscos viteza undelor se poate calcula cu relația:

$$c = \sqrt{c_0 + \frac{16\pi^2\eta^2}{9\rho^2\lambda^2}} \qquad (4)$$

în care c_0 este viteza undelor într-un mediu gazos nedisipativ, η coeficientul de vîscozitate, λ lungimea de undă a ultrasunetului. Din această relație rezultă că viteza variază cu lungimea de undă, respectiv cu frecvența. În domeniul frecvențelor audibile, λ fiind mare, al doilea termen din partea dreaptă a relației (4) se neglijează, viteza de propagare a undelor rămînînd practic constantă. În domeniul ultrasunetelor, în special a celor de frecvență ridicată, datorită faptului că λ are valori mici, acest termen nu mai poate fi neglijat, iar viteza devine o funcție de frecvență, crescînd pe măsură ce crește frecvența. Cu alte cuvinte apare fenomenul de dispersie. Dacă se ține seama și de conductibilitatea termică, viteza de propagare a undei este funcție de coeficientul de conductibilitate și lungimea de undă, sau de frecvență. În afară de factorii specificați mai sus, în propagarea undei acustice prin gaze poliatomice, mai intervine un nou factor, legat de procesele elementare de repartizare în moleculă a energiei primite de la o altă moleculă sub formă de transfer de energie cinetică. În cazul frecvențelor ultrasonice înalte, acest fenomen constituie cauza principală a dispersiei în gaze și totodată a unei absorbții anormale. Energia totală, E, a unui gaz în fiecare moment este egală cu suma a trei energii: de translație E_t, de rotație E_r și de vibrație $E_{vibr.}$ adică

$E = E_t + E_r + E_{vibr.}$ (5), iar căldura specifică

$C_v = C_t + C_r + C_{vibr.}$ (6), unde C_v este căldura specifică

a gazului la volum constant, iar C_t, C_r și $C_{vibr.}$ sînt căldurile specifice care se referă la energiile specificate mai sus. Ținînd seama de modul de grupare al gradelor de libertate, relațiile de mai sus se pot scrie:

$$E = E_{ext} + E_{int.} \quad (6') \text{ unde } E_t = E_{int.}$$

$$C_v = C_{ext.} + C_{int.}$$

Cînd o undă acustică se propagă printr-un gaz poliatomic, ea produce variații de presiune, prin aceste variații ia naștere o energie cinetică care se distribuie între mișcările menționate mai sus (translație, rotație, vibrație) pînă se stabilește echilibrul termic. Stabilirea acestui echilibru necesită un anumit timp. Repartizarea energiei gradelor de libertate exterioare, se efectuează în mod rapid, pe cînd distribuția la gradele de libertate interne se face mai lent. Acest fenomen poate fi comparat, de exemplu, cu încărcarea unui condensator electric, proces caracterizat prin ecuația: $U = E_0(1 - e^{-t}/RC)$ care este integrala ecuației diferențiale: $\frac{dU}{dt} = \frac{1}{RC}(E_0 - U)$ unde RC este constanta de timp a condensatorului și E_0 — tensiunea sursei. O relație analoagă se poate scrie și în cazul procesului termic specificat mai sus și anume:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{\tau}(E_0 - E) \quad (7)$$

unde τ este o mărime analoagă lui RC, denumit timp de relaxare definit ca timpul necesar stabilirii unei noi stări de echilibru dinamic. Fenomenul se numește relaxare, prin această denumire punîndu-se în evidență necesitatea existenței unui anumit timp sau a unei pauze pînă la terminarea procesului. Dacă presupunem ca variația de presiune în unda acustică se produce destul de lent, adică transferul de energie de la gradele de libertate externe la cele interne se efectuează într-un interval de timp mai lung decît timpul de relaxare de vibrație, atunci căldura specifică a gazului intervine în totalitatea sa fiind egală cu: $C_v = C_e + C_i$. Dacă însă durata în care se efectuează o compresiune scade, ca urmare a creșterii frecvenței, transferul de energie gradelor de libertate interne devine din ce în ce mai mic, iar atunci cînd compresiunea se efectuează într-un timp mai scurt decît timpul de relaxare de vibrație, procesul de repartizare a energiei nu mai urmărește vibrațiile de presiune acustică și ca urmare transferul nu se mai face de la gradele de libertate externe la cele interne. În acest caz gazul se comportă ca și cum căldura sa specifică ar fi $C_v = C_e$. Dar, căldura specifică la volum constant este funcție de frecvență și cum din relația (2) se vede că valoarea vitezei de propagare a undelor acustice depinde de frecvența undei, va avea loc fenomenul de dispersie.

Atenuarea undelor acustice

Propagarea unei unde acustice într-un mediu este însoțită de o pierdere de energie caracterizată prin constanta de atenuare. La producerea acestei atenuări într-un gaz intervine în cea mai mare măsură absorbția în mediu, datorită faptului că procesele care au loc cu prilejul propagării undei nu sînt reversibile. Absorbția energiei acustice într-un gaz este funcție de mai multe cauze:

— conductibilitatea termică între regiuni de comprimare și rarefiere
— frecarea internă între regiunile foarte învecinate din cîmpul acustic, (efecte de vîscozitate),
— radiația căldurii;
— schimbări intermoleculare de energie (fenomene de relaxare);
— fenomene de rezonanță.

Scanned with OKEN Scanner

Primele trei cauze (vîscozitate, conductibilitate termică şi radiaţia căldurii) se consideră cauzele clasice de absorbţie datorită faptului că ele au fost examinate încă din secolul trecut de către Kirchhoff şi Stokes. Ţinînd seama de aceste cauze şi admiţînd că nu există o corelaţie între ele, ele fiind independente una de alta, constanta de atenuare totală este egală cu suma constantelor corespunzătoare fiecărui proces în parte, şi anume :

$$\alpha = \alpha_{\text{vîscozitate}} + \alpha_{\text{term.}} + \alpha_{\text{rad.}} \qquad (13)$$

În cazul proceselor lineare valoarea constantei de atenuare datorită radiaţiei căldurii este foarte mică, încît se poate neglija, iar constantele atenuării datorită vîscozităţii şi conductibilităţii termice sînt proporţionale cu pătratul frecvenţei, însă raportul $\alpha' = \frac{\alpha}{f^2}$ nu depinde de frecvenţă (pentru un gaz dat depinde de natura, de presiunea şi temperatura acestuia). Aceasta se verifică numai în cazul gazelor monoatomice, deoarece pentru gazele poliatomice constantele de atenuare detèrminate erau mult mai mari decît cele determinate cu ajutorul relaţiilor stabilite de Stokes şi Kirchhoff, pe baza teoriei clasice. În plus $\frac{\alpha}{f^2}$ nu mai reprezintă o valoare constantă, ci scade cu frecvenţa pe măsură ce numărul atomilor în moleculă şi greutatea acestora cresc. Explicaţia rezultatelor din domeniul frecvenţelor ultrasonice care reprezintă abateri importante de la datele obţinute pe baza teoriei vîscotermice, a fost găsită în urma studierii proceselor intermoleculare. Pentru a explica modul în care se produce această absorbţie anormală în cazul nui gaz poliatomic, să considerăm o porţiune din mediu aflat într-un cîmp acustic şi să examinăm procesul în timpul unei singure perioade. Gazul se găsea iniţial la presiunea p_1, volumul considerat fiind V_1. În prima jumătate de perioadă elementul de volum suferă compresiunea rapidă de la p_1 la p_2, $(p_2 > p_1)$, iar volumul scade de la V_1 la V_2. În această semiperioadă molecula capătă o anumită cantitate de energie care se transmite mai întîi gradelor de libertate exterioare şi apoi în intervalul timpului de relaxare de vibraţie, gradelor de libertate interioare. În a doua jumătate de perioadă pe timpul destinderii sau rarefierii gazului, volumul V_2 revine la volumul iniţial V_1. De această dată energia totală acumulată în semiperioada anterioară, constituită din energia gradelor de libertate exterioare şi energia gradelor interioare, este recedată undei acustice. În desfăşurarea acestui proces pot interveni mai multe situaţii :

a) Cînd durata dintre două comprimări sau două rarefieri succesive este mult mai mare decît timpul de relaxare de vibraţie, echilibrul dinamic se poate stabili şi întreaga energie primită de gradele de libertate este cedată integral undei. Rezultă deci că nu are loc o pierdere de energie acustică care să poată fi pusă în evidenţă, deci nu apare o absorbţie suplimentară. Aceasta se întîmplă în cazul frecvenţelor joase din domeniul audibil.

b) Cînd durata dintre două comprimări sau două rarefieri succesive este comparabilă sau ceva mai mică decît timpul de relaxare de vibraţie, echilibrul dinamic nu se mai poate stabili. În acest caz o fracţiune din energia transferată gradelor de libertate interioare este reţinută de molecule

Scanned with OKEN Scanner

fiind astfel pierdută din punct de vedere acustic. Aceasta se întîmplă în cazul frecvențelor ultrasonice mici.

c) Cînd durata dintre două comprimări sau două rarefieri succesive este mult mai mică decît timpul de relaxare de vibrație, posibilitatea de a se transfera o parte din energia gradelor de libertate devine foarte redusă, așa încît în mod practic acestora nu le mai revine nici o cantitate de energie. Ca urmare nu se va putea produce nici o pierdere de energie acustică detectabilă. Acest lucru se întîmplă la frecvențe ultrasonice foarte mari. Rezultă deci că absorbția datorită fenomenului de relaxare prezintă un maxim la o frecvență caracteristică fiecărui gaz în parte aflat la o anumită presiune atmosferică. Absorbția ultrasunetului în lichide și solide ne dă date despre procesele elementare și proprietățile lor.

Încercarea nedistructivă a nemetalelor (beton, lemn, roci, grafit, materiale plastice) prin metode ultrasonice de impuls constă în măsurarea unor caracteristici de propagare ale impulsului ultrasonic ca timpul de propagare sau atenuarea impulsului.

Informațiile astfel obținute pot fi folosite în următoarele scopuri:

— determinarea constantelor elasto-dinamice ale materialelor ca modulul de elasticitate dinamic și coeficientul Poisson dinamic (în deseori în combinație cu metoda rezonanței);

— determinarea existenței și aprecierea dezvoltării unor defecte interne în material, ce depășesc o anumită dimensiune, ca goluri, fisuri rosturi, cuiburi de segregare, incluziuni străine etc.;

— determinarea comportării materialului în condiții de agresibilitate chimică (cu anumite limitări);

— determinarea omogenității betonului sub aspectul controlului gradului de compactare.

Propagarea impulsului prin beton

Metodele ultrasonice de impuls se bazează pe producerea unui tren relativ scurt de oscilații mecanice amortizate, numit impuls. Oscilațiile trebuie să aibă o frecvență destul de ridicată pentru ca frontul lor să fie abrupt și să permită o măsurătoare destul de exactă. Domeniul de frecvență al ultrasunetelor folosite la încercarea betonului este cuprins între 20 kHz și 200 kHz (se utilizează practic intervalul de la 40 kHz la 100 kHz).

Transmiterea impulsului în beton se realizează printr-un cuplaj mecanic cu ajutorul unui mediu cuplant. Realizarea unui cuplaj bun se impune din necesitatea de a asigura un transfer maxim de energie de la generatorul de oscilații la beton. Ajuns în beton, impulsul se propagă, ținînd seama de frecvențele folosite, practic în toate direcțiile transmițînd energia sa betonului, prin intermediul undelor longitudinale, după normala la suprafața emițătorului. Din acest motiv ori de cîte ori este posibil, receptorul de vibrații se așează cu axa de-a lungul normalei la suprafața emițătorului, avînd suprafața proprie paralelă cu cea a emițătorului. După propagarea prin beton, trenul de oscilații ajunge la receptor atenuat și modificat în compoziția spectrală din cauza filtrării frecvențelor înalte ale impulsului de către beton. Se pune problema unui nou transfer al energiei mecanice de la beton la receptor, care trebuie realizat în con-

Scanned with OKEN Scanner

diții similare cu cel de la emițător la beton și apoi al transformării vibrațiilor mecanice în variații de tensiune. Realizarea unei măsurători nu se poate face pe baza urmăririi unui singur impuls, care are durata de ordinul sutelor de microsecunde. Din această cauză se realizează succesiuni de impulsuri, cu o cadență suficient de mare ca să formeze o imagine practic permanentă pe un ecran de tub catodic cu remanență. Intervalul de succedare a impulsurilor variază între 1—50 pe secundă. Metodele ultrasonice se bazează fie pe timpul de propagare, fie pe atenuarea impulsurilor.

Tehnici de încercare ale nemetalelor

Încercarea nemetalelor se face practic exclusiv prin metoda transmisiei și foarte rar prin metoda reflexiei ca urmare a atenuării puternice a ultrasunetului în material, a frecvențelor joase care se utilizează la încercare, a trenurilor lungi de oscilații neamortizate ce intră în componența impulsului și a reflexiilor multiple ce au loc în interiorul materialelor nemetalice heterogene ca: betonul, roca, lemnul, și chiar materialele ceramice. În funcție de accesul la elementul de încercare pot fi folosite următoarele tehnici ale metodei prin transmisie (în ordinea preferinței pentru siguranța rezultatelor obținute):

a) metoda transmisiei directe constă în amplasarea traductorului emițător și al celui receptor pe două fețe opuse ale elementului axial față de normala la suprafață. (fig. 1)

Este metoda care asigură cea mai mare energie a semnalului recepționat și o imagine reprezentativă a calității materialului prin întreaga grosime.

b) Metoda transmisiei pe fețe opuse — presupune așezarea palpatorilor pé două fețe opuse, însă necoaxial față de aceeași normală la suprfață. Asigură o imagine reprezentativă a calității betonului pe întreaga grosime a elementului. (fig. 2)

c) Metoda transmisiei indirecte pe fețe în unghiuri presupune amplasarea palpatorilor pe fețe în unghiuri, de obicei perpendiculare. (fig. 3) Se obține o imagine a calității betonului în regiunea de colț străbătută de impuls, dar are o amplitudine mică a semnalului recepționat. Se utilizează la încercarea elementelor ce nu au două fețe opuse accesibile.

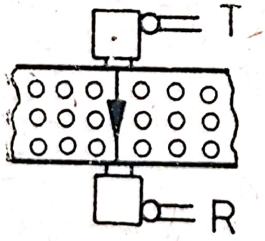


Fig. 1. Transmisie directă

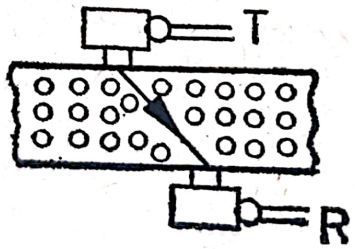


Fig. 2. Transmisie indirectă pe fețe opuse

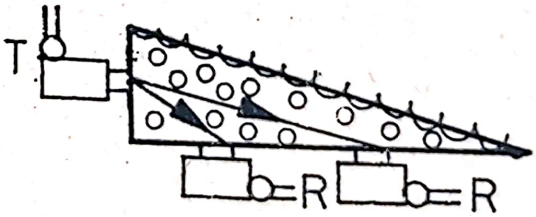


Fig. 3. Transmisie indirectă pe fețe în unghiuri

d) Metoda transmisiei de suprafață (fig. 4) constă în amplasarea palpatorilor pe aceeași suprafață a betonului. Aceasta dă informații asupra calității betonului din vecinătatea suprafeței, dar nu sesizează

Scanned with OKEN Scanner

defectele în profunzime. Este utilizată în tehnica determinării grosimii straturilor degradate de îngheț-dezgheț, foc, acțiuni chimice agresive, în determinarea adîncimii fisurilor, precum și la încercarea elementelor cu o singură față accesibilă.

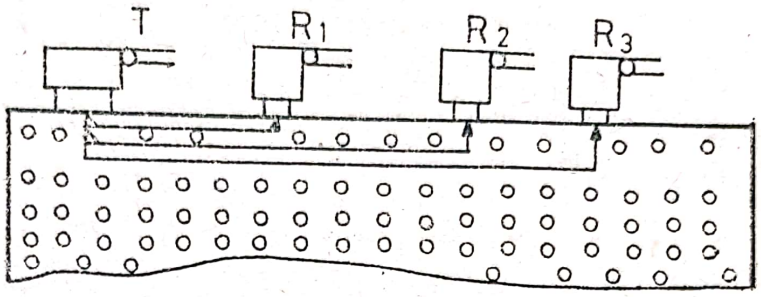


Fig. 4. Transmisie de suprafață

Descrierea aparatului

Betonoscopul ultrasonic N 2701 este un aparat care stabilește calitatea betonului prin determinarea vitezei de propagare a ultrasunetelor prin beton, măsurînd timpul de trecere al ultrasunetelor între două puncte situate la o distanță cunoscută. Aparatul este complet tranzistorizat și este echipat cu un tun catodic cu ecran rectangular.

Aparatul poate fi alimentat de la o sursă de 220 V sau de la o sursă de curent continuu de 24 V—0,7 A, fiind utilizabil în laborator și pe șantier. Se pot efectua măsurători pe distanțe de la 10 cm la 4 m. Schema bloc a aparatului este următoarea :

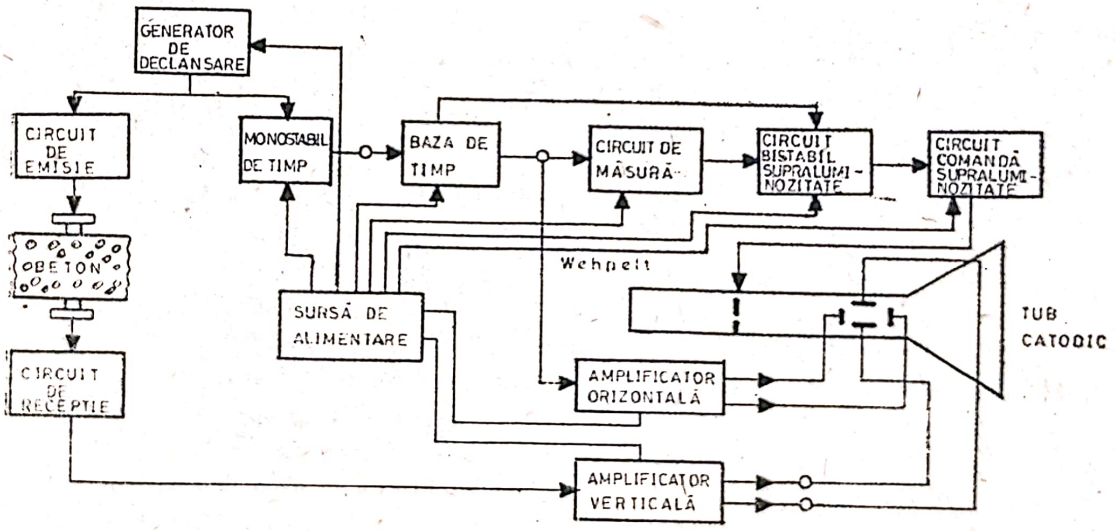


Fig. 5

Principiul de funcționare

Un semnal ultrasonor este produs de un circuit de emisie, care utilizează un traductor emițător în contact direct prin intermediul unui mediu cuplant cu materialul de încercat. După trecerea prin materialul de studiat, semnalul ultrasonor este recepționat de traductorul receptor (o ceramică piezoelectrică), transformat în semnal electric, amplificat

și vizualizat pe ecranul unui tub catodic. Simultan cu emisia semnalului, se declanșează baza de timp a tubului catodic și se comandă circuitul de măsurare a timpului. Timpul de trecere a semnalului ultrasonor prin materialul de studiat se măsoară la primul front de undă cu ajutorul unei supraluminozități reglabile și etalonate, care se suprapune peste linia de baleiaj orizontală. Durata acestei supraluminozități poate fi reglată, încît sfîrșitul ei să coincidă cu apariția semnalului recepționat pe ecran. Reglajul se realizează cu un potențiometru, avînd un dispozitiv de afișare pe care se citește timpul ce propagare.

Se măsoară distanța (l) între emițător și receptor și se calculează viteza. Viteza este dată de relația:

$$v_L = \frac{l}{t} \quad \text{de unde} \quad t = \frac{l}{v_L}$$

Viteza undelor longitudinale respectă relația:

$$v_L = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1-\sigma}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}}$$

unde E este modulul de elasticitate, ρ este densitatea, σ coeficientul lui Poisson.

O altă aplicație a ultrasunetelor, care se poate studia și în școală în laboratorul de fizică cu generatorul de ultrasunete tip „Didactica", este producerea unei furtuni în miniatură într-un vas transparent în care se află orice lichid cu vîscozitate comparabilă cu a apei.

Explicarea fenomenului fizic este următoarea: se știe că suprafața liberă a unui lichid este o suprafață plană. Ea dispare atunci cînd intervenim cu un agitator mecanic. Dacă introducem pe fundul vasului un emițător de ultrasunete, apare o agitație a masei de apă, ce depinde de intensitatea acustică. Suprafața lichidului începe să se onduleze, valurile devin din ce în ce mai accentuate, iar la un moment dat țîșnește o coloană de lichid, ca la o fîntînă arteziană, a cărei înălțime atinge cîțiva centimetri. Pentru a realiza coloana de lichid prin acest procedeu, asupra particulelor de lichid trebuie să se exercite o presiune. Această presiune apare datorită energiei emise de generatorul de ultrasunete, fiind cunoscută sub numele de presiune de radiație acustică. Ea acționează asupra particulelor de lichid în sens invers forței de gravitație, avînd aceeași valoare în toate punctele din volumul fluidului și direcția orientată după direcția de propagare a undelor, iar valoarea constantă în timp. Moleculele de lichid vibrează în jurul unor poziții de echilibru, care sînt translatate în direcția de propagare a undelor, formîndu-se un vînt sonic, analog curenților naturali de convecție. La intensități mari ale ultrasunetelor în masa fluidului apar bule cu $\Phi = 0{,}1$ mm $-$ 2 mm, care se ridică la suprafață, ca la fierberea unui lichid, fenomen însoțit de creșterea temperaturii lichidului prin absorbția energiei acustice. Acest fenomen e denumit cavitație ultrasonică. Pentru o pătură subțire de lichid la trecerea ultrasunetului se produc variații rapide și puternice ale presiunii în fiecare punct în jurul valorii presiunii hidrostatice. La valori mari ale intensității acustice, presiunea ultrasonică este egală și de sens contrar cu presiunea hidrostatică; se produc cavități (ruperi) ale lichidului și formarea bulelor în interiorul

Scanned with OKEN Scanner

cărora pătrund vaporii de lichid apăruți prin evaporarea din timpul ultrasonării sau gazele dizolvate în lichid. Bulele de cavitație au viață scurtă. Apropiindu-se unele de altele, în procesul de mișcare dezordonată (ca la mișcarea browniană) cele mari „vor înghiți" pe cele mici, datorită diferenței de presiune din interiorul lor [presiunea sub o suprafață curbă e dată de legea Laplace $p_s = \sigma\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$]. Cînd ajung mai mari, în urma acestui proces de coalescență, intră într-o vibrație puternică de rezonanță, bulele alungindu-se și plesnind, în interiorul lor năvălind lichidul din exterior. Apar presiuni locale foarte mari de mii de atmosfere, în elemente de volum foarte mici. Undele de șoc ce apar în timpul cavitației cu o frecvență ridicată, au energie suficientă pentru a produce ruperea legăturilor macromoleculelor sau pentru a înlătura straturi infim de subțiri de murdărie (calcar), depuși pe pereții cazanelor, sau sterilizarea fiolelor pentru medicamente, tăierea și lipirea materialelor dure sau oxidabile, precipitarea cetei, distrugerea microorganismelor și activarea schimburilor intercelulare, etc. Fenomenul e însoțit și de fenomene electrice, sonoluminiscența. În interiorul bulei de cavitație sînt și picături infime de lichid încărcate electric cu sarcină de semn contrar față de sarcina electrică de pe pereții bulei. La dimensiunile bulelor, în cursul agitației lor, se poate străpunge dielectricul din bulă prin descărcări electrice, sub acțiunea cărora se poate obține ionizarea și oxigenarea apei obișnuite. Sonoluminiscența e un fenomen intermitent, (ca pîlpîirea flăcării) ce depinde de natura lichidului, crește cu intensitatea și frecvența ultrasunetului scăzînd cu temperatura lichidului.

Enumerarea fenomenelor și proprietăților și utilizărilor ultrasunetelor încă nu se termină aici, vom auzi de ele tot mai mult.

BIBLIOGRAFIE

1. *E. Bădărău* și *M. Grumăzescu* — „Bazele acusticii moderne".
2. *M. Grumăzescu* — Ultrasunetul în acțiune
3. *Frenkel, I.* — Ann, S.S.S.R.. T III 79
4. *Stetin, C.* — „Corelarea vitezei de propagare a ultrasunetelor cu alte mărimi caracteristice ale stării lichide" A IV-a Conf. nat. de acustică, mai 1973, București
5. *Bergmann L.* Ultrazvuk. Izd. inastrannoi literaturî Moscova, 1957
6. *Biquard, P.* — Les Ultrasons, Ed. Presses Universitaires de France, Paris.
7. *R. Iones, I. Făcăoaru* — Încercarea nedistructivă a betonului 1971
8. Betonoscop N. 2701 — Buch Technische

METODE COLORIMETRICE DE DETERMINARE A DIMETILFORMAMIDEI (DMF) DIN HIDROCARBURI, DIN AERUL CONTAMINAT ȘI DIN APĂ

Prof. *PĂSTIN ELENA*, Cîmpulung Muscel

Metodele colorimetrice sînt procedee de determinare a concentrației care se bazează pe compararea absorbției a două soluții de diferite concentrații ale aceleiași substanțe colorate.

Scanned with OKEN Scanner

Comparările se fac vizual (colorimetrie vizuală) sau fotoelectric (fotocolorimetrie). Procedeul necesită utilizarea unei soluții de comparație de concentrație cunoscută (C_1) a substanței de dozat. Determinările se fac egalînd intensitatea luminii transmise prin această soluție cu aceea transmisă prin soluția de concentrație necunoscută (C_2), variind grosimea stratului absordant. Cînd se ajunge la egalizarea intensităților transmise, ambele soluții vor avea aceeași absorbanță, iar concentrația necunoscută se determină după relația :

$$C_2 = C_1 \frac{d_1}{d_2}$$

Această relație exprimă legea de bază a colorimetriei :

— la egalitate de absorbanță, grosimea stratului absorbant este invers proporțională cu concentrația respectivă și se utilizează la determinarea concentrației pe cale colorimetrică, cu condiția respectării legii Bouguer — Lambert — Beer.

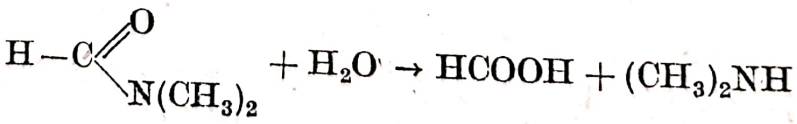
Metodele colorimetrice de analiză se disting prin sensibilitate, selectivitate și rapiditate.

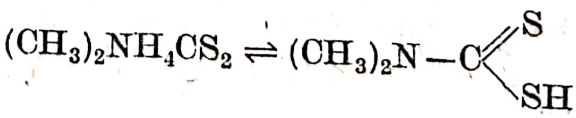
Metodele colorimetrice indicate în literatură pentru dozarea DMF din diferite probe constau în general în transformarea acesteia în dimetilamină prin hidroliză și analiza ulterioară a reacției de culoare pe care o dă această în prezența unor agenți chimici.

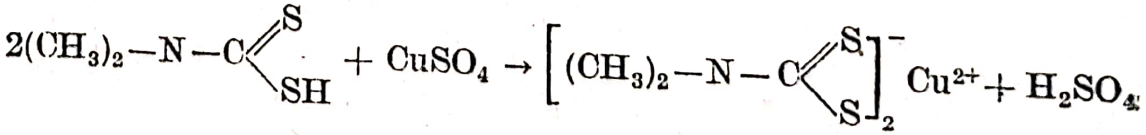
Astfel, dimetilamina formează cu furfurolul, în mediu de etanol, o colorație galben-brună. Intensitatea colorației fiind funcție de concentrația dimetilaminei, conform legii Bouguer — Lambert — Beer, colorimetrarea ulterioară a probelor, permite determinarea concentrației aminei și deci a DMF.

La obținerea cauciucului sintetic poliizoprenic, o importanță deosebită pentru calitatea produsului o prezintă puritatea monomerului. Izoprenul obținut din petrol conține cantități apreciabile de dimetilamină și dimetilformamidă (DMF). Aceasta din urmă influențează negativ procesul polimerizării, chiar dacă concentrația ei este foarte mică (0,0001 %). De aceea, este necesar să se determine foarte exact cantitatea de DMF din monomer.

Metoda descrisă de Zolotareva (1) pentru determinarea DMF din izopren, se bazează pe reacția specifică și foarte sensibilă a dimetilaminei — produsul hidrolizei DMF— cu CS_2 în prezența sărurilor de Cu^{2+}.







Dimetilditiocarbonatul de cupru care se formează este de culoare galbenă și dimetilamina se poate determina prin analiză colorimetrică folosind curbele de etalonare.

La încercările efectuate în vederea trasării curbelor de etalonare s-a constatat că legea Bouguer — Lambert — Beer se respectă numai pentru concentrații mici ale dimetilaminei.

Dacă gama concentrațiilor de DMF sau dimetilamină din probă este foarte largă, pentru analiză se folosesc cuve de lungime 50 mm, pentru concentrații mici și de 10 mm, pentru concentrații mari. Densitatea optică dată de dimetilditiocarbonatul de cupru extras cu benzen se citește la un fotocolorimetru cu filtru albastru.

Proba de analizat se supune în prealabil unei extracții cu HCl a compușilor cu azot. În vederea extracției dimetilaminei și dimetilformamidei, vasul cu izopren de analizat și cilindrul de măsurat se răcesc în amestec de apă și gheață.

Se măsoară 75 ml de izopren și se trec într-o pîlnie de separare cu HCl, 0,05 N în raport : izopren : HCl 0,05 $n=3:1$ (vol).

Amestecul se spală cu apă. Toate soluțiile obținute la spălare se unesc și din acest amestec se iau probe pentru analiza dimetilaminei și DMF.

Conținutul de dimetilamină din proba de izopren se calculează după relația :

$$\%(CH_3)_2NH = \frac{C \cdot 100}{0{,}69 \cdot 10^6} = \frac{C}{6900}$$

0,69 = densitatea izoprenului la 0°C

C = concentrația dimetilaminei determinată din curba de etalonare

În cazul analizei DMF din izopren, densitatea optică găsită, va corespunde sumei DMF și dimetilaminei. De aceea, din valoarea citită pentru densitatea optică totală se scade densitatea optică a dimetilaminei determinată inițial.

Această operație este posibilă pentru că densitatea optică este o proprietate aditivă. Din curba de etalonare se determină concentrația dimetilaminei rezultată numai din hidroliza DMF (C'). Conținutul în DMF, din proba de izopren, va fi :

$$\%DMF = \frac{1{,}585 \cdot 100 \cdot C'}{0{,}69 \cdot 10^6} = \frac{C'}{4250}$$

Metoda fotocolorimetrică de determinare a DMF este foarte sensibilă și dă totdeauna erori mai mici de $5.10^{-5}\%$.

O astfel de analiză durează 1,5 ore. Avantajul unei mari exactități a analizelor, precum și posibilitatea adaptării modului de lucru pentru diverse cazuri, permit extinderea acestei metode de analiză în domenii în care alte metode nu sînt accesibile.

O altă metodă de dozare a DMF din hidrocarburi este descrisă de Kofman, Vinogradova și Mitrofanova (2) și se bazează pe reacția de culoare a dimetilaminei cu furfurol. Dimetilformamida este hidrolizată

Scanned with OKEN Scanner

în mediu acid, proba se tratează cu KOH sau K_2CO_3 pentru neutralizare, apoi se efectuează o distilare.

Dimetilamina este culeasă în HCl, se tratează din nou cu o bază alcalină și se adaugă furfurol 25 % în etalon, proaspăt preparat. Culoarea galben- galben-roșu, se stabilizează cu obținerea unui maxim al intensității după 30 minute de developare. Se colorimetrează proba și se determină concentrația dimetilaminei și deci a DMF din curbele de etalonare.

O variantă a acestei metode se folosește pentru determinarea DMF din aerul contaminat de la folosirea fibrelor de poliacrilonitril, unde DMF se folosește ca solvent și agent de filare (3).

Aerul care conține DMF este trecut prin vase spălătoare cu HCl 0,05 *n* cu un debit de 0,5 l/min. Se face apoi hidroliza DMF cu NaOH 20 %, la 100°C timp de 10 minute. Dimetilamina este antrenată în acid clorhidric 0,01 *n*.

O probă din această soluție se amestecă cu Na_2CO_3 15 % și furfurol 25 % în etanol în raport : Na_2CO_3 : furfurol = 4 : 1 (vol) timp de 15 minute, apoi se răcește la 18—20°C și se filtrează.

Reacția cu furfurol are loc în mediu alcalin cu apariția unei colorații galben — galben-roșu. Această probă se compară cu o soluție standard în vederea determinării concentrației DMF.

În mod asemănător se poate determina concentrația DMF din apă, după alcalinizarea și distilarea probei cu acid boric 2 % (4). După ce se tratează proba în modul descris mai sus, se lasă 30—60 minute pînă la stabilizarea unei colorații brune.

Soluțiile standard folosite în aceste analize se tratează la fel ca probele de analizat. Analizele colorimetrice pentru dozarea DMF care se bazează pe principiul reacției de culoare cu furfurol sînt foarte comode, dar sînt susceptibile la erori mari (±15 %).

Analize foarte exacte se pot realiza utilizînd metodele colorimetrice care se bazează pe principiul formării unui compus colorat între acidul hidroxamic și Fe^{3+}.

În literatură sînt descrise două metode de analiză a DMF care urmăresc acest principiu : metoda Bergmann (5) și metoda Osipenko (6). Dimetilformamida formează, în prezența clorhidratului de hidroxilamină un acid hidroxamic care poate da un complex colorat brun — galben cu sărurile de Fe^{3+}.

$$H-CO-N(CH_3)_2 + NH_2OH \rightarrow H-CO-\overset{\overset{H}{|}}{N}OH + (CH_3)_2NH$$

$$4\,HCONHOH + FeCl_3 \rightarrow (HCONHO)_3Fe + 3HCl$$

Deși cele două metode folosesc același principiu, ele se deosebesc prin modul de lucru diferit, prin domeniul de concentrații la care se pot aplica, prin sensibilitatea lor.

Astfel, experiențele au arătat că metoda Bergmann nu se poate aplica decît la concentrații sub 0,1 % DMF, din cauza intensității puternice a colorației care depășește limitele de citire a extincției la aparat, iar metoda Osipenko se aplică pentru un domeniu de concentrații de 1—0,1 % DMF din aceleași motive.

BIBLIOGRAFIE

1. *Fichtengoite V. S.*; *Zolotareva, R. V.*; *Poddubnui, I. A.*; *Horosin, A. V.* — Zavod. Lab. 29. 160 (1963); 2. *Kofman, L. S*; *Vinogradova, V.S*; *Mitrofanova, V. B.* — Vest. Tekhn. i Ekon. Inform., Nauch. — Issled. Inst. Tek. Ekon. Issled. Gos. Kom. Sov. Min.— SSSR po Khim· 11, 21, —1961 Chem. Abstr. 58—8408 g (1963); 3. *Ascik, K.* — Polimery 7, 332 (1962); Chem. Abstr. 59, 3252 f (1963); 4. *Zamislova, S. D.*—Saint-Khim. Kontrol. V. Obl. Okhrany Vodolmov, Mosk. Nauchn.-Issled. Inst. Gigieny 132 (1964); Chem· Abstr. *64*, 6302 c (1966); 5. *Bergmann, F.* — Analyt. Chem., 24, 1367 (1952); 6. *Osipenko, N. I.* — Gig. Sanit. *33*, 58 (1968).

IMPLICAȚII METODOLOGICE ȘI FILOZOFICE ALE RELAȚIILOR DE NEDETERMINARE

Prof. *BENDL ELENA*, Prof. *CÎRSTINA NICOLINA*, Drobeta Turnu Severin

În urma numeroaselor discuții, sau de ce nu dispute, prilejuite de apariția mecanicii cuantice s-a ajuns la un punct comun : mecanica cuantică se deosebește de întreaga fizică clasică (precuantică) prin eșecul principiului determinismului laplacian, mecanicist. După cum se exprimă Heisenberg, în afirmația „cînd cunoaștem prezentul putem calcula viitorul" nu concluzia, ci ipoteza era falsă. În conștiința majorității covîrșitoare a fizicienilor principiul general al determinismului se confunda cu formularea sa lapalaciană.

Relațiile de nedeterminare apar atunci cînd studiem proprietățile microparticulelor, cînd avem drept scop formularea legilor fundamentale care guvernează fenomene ce au loc la scară microscopică (extindere spațială 10^{-15}m). Lumea noțiunilor derivate din experiența cotidiană a fost pentru prima dată părăsită în teoria relativității, a lui Einstein. Experiențele din lumea microparticulelor ne silesc să renunțăm și mai mult la noțiunile anterioare, acțiune dictată de necesități obiective :

— microparticulele posedă proprietăți, relații și legi specifice care sînt esențial deosebite de cele ale obiectivelor din domeniul macroscopic.

— mircoparticulele sînt considerate cuante ale anumitor tipuri de cîmpuri constituind unitatea dialectică între discontinuu (particulă) și continuu (cîmp).

— starea unei microparticule este definită în funcție de undă sau operatorul densitate.

— unei mărimi fizice măsurabile (observabilă) i se atașează un operator hermitic.

— produsul operatorilor hermitici nu este comutativ.

Ca urmare a acestei ultime afirmații apare concluzia : observabilele vizate nu pot fi măsurate precis simultan, fapt care se reflectă în așa numitele relații de nedeterminare ale lui Heisenberg.

Descrierea obișnuită a naturii, ca în fizica clasică, și ideea că toate evenimentele din natură decurg după legi exacte, se bazează pe presupunerea că este posibil să se observe fenomene, fără a le influența sensibil. În fizica atomică însă, de fiecare observare se leagă o perturbare finită pînă la un anumit grad, necontrolabilă. Deoarece, fiecare descriere spațio-

Scanned with OKEN Scanner

temporală a unui eveniment fizic este condiționată de observarea acestuia, va rezulta că între descrierea spațio-temporală a evenimentului și principiul cauzalității clasice există o relație de complementaritate. Punctul de plecare a lui Heisenberg în raționamentul său era principiul filozofic, conform căruia, la baza unei teorii se pot așeza numai noțiuni legate nemijlocit de mărimi fizice măsurabile. În felul acesta a ajuns la concluzia, că o măsurare a poziției unei microparticule perturbă măsurarea simultană de impuls și invers, astfel încît măsurarea poziției și impulsului simultan, introduce nedeterminări pentru fiecare, legate între ele printr-o relație numită relația de nedeterminare a lui Heisenberg. Mărimile care satisfac o astfel de relație se numesc complementare. Relația de nedeterminare ne spune că :

$$\Delta x \Delta p_x > \frac{\hbar}{2}$$

unde Δx este nedeterminarea în măsurarea coordonatei, Δp_x nedeterminarea în măsurarea impulsului.

Am observat din cele expuse anterior, că atît din punct de vedere matematic, cît și principial se regăsesc relațiile de nedeterminare. Am început cu punctul de vedere matematic, care este mai general și-l implică pe cel de al doilea, pentru a arăta, odată în plus, generalitatea acestor relații.

Relațiile de nedeterminare dau limitele pînă la care pot fi aplicate noțiunile cunoscute la ora actuală. O folosire mai precisă a noțiunilor „poziție", „impuls", care ar depăși relațiile de nedeterminare, este tot atît de lipsită de conținut ca folosirea unor cuvinte al căror sens nu a fost definit.

Astfel, de exemplu, afirmația că în afară de lumea noastră ar mai exista una, cu care însă principal nu este posibilă nici un fel de legătură, nu duce la nici o concluzie ; totuși în fantezia noastră se formează la această afirmație un fel de imagine. Bineînțeles afirmația nu poate fi nici confirmată, nici infirmată. În special trebuie să fim prudenți la folosirea expresiei „în realitate", atunci cînd ajungem la nivelul microparticulelor, deoarece ea conduce la afirmații de genul celei anterioare.

Revenim la relațiile de nedeterminare și ne vedem obligați să postulăm că oricare ar fi instrumentul de măsurat, perturbația introdusă de acesta la determinarea coordonatei sau impulsului este astfel încît, relația de nedeterminare nu este contrazisă niciodată.

Să analizăm puțin conținutul fizic al relației de nedeterminare în contextul de măsurare a coordonatei și impulsului. Vom face de la început următoarele precizări :

— pentru eliminarea subiectivității observatorului, toate dispozitivele sînt automatizate, observațiile sînt făcute de aparate, iar înregistrarea și prelucrarea lor este electronică.

— instrumentele de măsurat sînt foarte precise.

Ca urmare a acestor presupuneri, rezultatul va fi determinat de limitări de principiu. Operația de măsurare este o interacțiune între microparticule și instrumentul de măsurat ; expresia calitativă a acestei interacțiuni este rezultatul observației. Dar am văzut anterior, că orice proces de măsurare va avea loc cu o perturbare a stării obiectului observat,

ducînd deci, la existența unor determinări ale coordonatei și impulsului ce satisfac relațiile de nedeterminare. Deoarece relațiile de nedeterminare sînt inegalități, rezultă că perturbarea valorilor impulsului la măsurarea poziției și invers, nu mai sînt perfect controlabile.Dacă măsurăm una din aceste mărimi precis, adică $\Delta x = 0$ rezultă $\Delta p_x \to \infty$ adică am micșorat o nedeterminare, majorînd-o pe cealaltă.

Existența simultană a poziției și impulsului particulelor este o expresie a unității masă — spațiu — timp a evenimentelor din natură. Cum aceste trei mărimi au unități de măsură diferite, ar fi necesar un instrument de măsurat care să prindă diferențiat, în mod simultan, cele trei proprietăți fizice. Din faptul că acest instrument nu există încă, sau poate nu va fi descoperit niciodată, nu se poate trage concluzia că aceste caracteristici au o existență care se exclude reciproc, ducînd la determinism.

Interpretarea științifică a relațiilor de nedeterminare exprimă de fapt incertitudinea aparatelor de măsurat, sau a puterii de interpretare corectă a unor relații matematice care nicidecum nu contrazice realitatea fizică. A pune în cauză principiul cauzalității, a opune determinismului, nedeterminismul, înseamnă a ne depărta de concepția științifică, materialistă despre lume.

O teorie fizică are ca obiect de studiu realitatea fizică obiectivă a naturii. Așadar, ea poate fi considerată corectă dacă, nici o concluzie a ei nu vine în contradicție cu această realitate obiectivă. Consistența mecanicii cuantice ca teorie fizică, nu contrazice realitatea obiectivă. Conceptele cu care operează mecanica cuantică demonstrează caracterul complex, dialectic al realității microfizice, specificul său calitativ diferit de cel al realității fizice a macroparticulelor. La nivelul microparticulelor nu acționează deci determinismul laplacian, în schimb acționează un nou tip de determinism prin intervenția unor relații cauzale de tip cuantic, determinismul statistic. Determinismul statistic care reflectă stări neunivoce, aleatorii, ale proceselor, nu este în fond decît generalizarea și aprofundarea determinismului laplacian. Noua formă a determinismului evidențiată din fizica modernă a condus la schimbări fundamentale în limbajul fizicii. În acest context, logica tradițională, bivalentă este înlocuită cu o logică trivalentă cu valorile : adevărat, fals, nedeterminat. Legea terțiului exclus este înlocuită cu legea quatrului exclus. Adică există în fizică situații în care dacă anumite propoziții sînt adevărate, altele vor trebui să fie nedeterminate în sensul, că la un moment dat nu sînt nici adevărate, nici false. Deosebit de importante pentru argumentarea valabilității determinismului și cauzalității în orice domeniu sînt rezultatele cercetărilor asupra particulelor „supraluminoase". Deși au apărut multe lucrări în acest domeniu, această problemă complexă nu a fost deplin clarificată. S-a afirmat că în procesele în care participă aceste particule, principiul cauzalității ar fi în mod incontestabil încălcat, deoarece aceste particule nu mai pot interacționa cu particulele „subluminoase". De aici, concluzia că ar trebui renunțat la cercetarea particulelor „supraluminoase", tahionii, deoarece nu pot fi delimitate, fixate cu ajutorul aparatelor. O asemenea interpretare agnostică nu ține seama de faptul, că în contextul dezvoltării științelor naturii, formă a legăturilor

Scanned with OKEN Scanner

cauzale dintre procese, evenimente, se schimbă și devine totodată mai generală. Este cunoscut că, dacă tahionul are energie negativă, se poate întîmpla ca succesiunea în timp a unui proces cu această particulă, să se inverseze. De exemplu, în loc să urmeze calea cunoscută, emisie-absorbție, prima dată tahionul să fie absorbit și apoi emis. În acest caz este posterioară efectului. Ordinea cauzală se restabilește prin principiul de reinterpretare formulat de Sudarshan.

Principiul se referă la faptul, că particulele cu energie negativă se caracterizează prin succesiune temporală inversată, care ar putea fi particule cu energie pozitivă, întîi emisie și apoi absorbite. Succesiunea în timp va fi separată de ireversibilitatea timpului.

Deci, există un determinism unic, general, global care exprimă corelația categoriilor de conexiuni universale astfel încît, încercarea de a susține nedeterminismul devine vulnerabilă.

BIBLIOGRAFIE

1. Mecanică cuantică — vol. 1 *A. Messiah*
2. Materia sau realitatea obiectivă — *M. Florescu*
3. Principiile fizice ale teoriei cuantice — *W. Heisenberg*
4. Fizică modernă și filozofie — *T. Toro*
5. Preocupări privind educația materialist-științifică a elevilor și studenților — volum editat de Revista de pedagogie

BILANȚUL DE MATERIALE

(PROBLEMĂ REZOLVATĂ)

Lect. dr. *V. VOICULESCU* *, Craiova

a) Să se întocmească bilanțul de materiale pentru reactorul unei fabrici de acetilenă, care produce 100 t C_2H_2 pe zi, prin piroliza termo-oxidativă a metanului la $T = 1575$ K. Materiile prime sînt oxigenul tehnic și metanul tehnic (oxigenul este impurificat cu argon, iar metanul cu azot). Compoziția gazului uscat rezultat la piroliză este:

Gazul	H_2	CO	C_2H_2	CH_4	CO_2	N_2	Ar	O_2
%v	54,2	26,0	8,2	4,3	4,2	1,6	0,6	0,3
Cazul	C_2H_4	$CH_3-C\equiv CH$	$CH\equiv C-C\equiv CH$	C_5H_5 + hidroc. sup.				
%v	0,3	0,1	0,1	0,1				

Mai rezultă 4 g negru de fum la 1 m^3 N gaz uscat.

La calculul bilanțului, hidrocarburile superioare vor fi aproximate prin benzen. De menționat că în reația de piroliză mai apare și apă gazoasă. Care este compoziția gazului umed de piroliză rezultat?

b) În ce proporție se amestecă metanul tehnic cu oxigenul tehnic la intrarea în reactor?

* Universitate

c) Folosind datele obținute la unctul a), să se calculeze conversia utilă C_u, conversia totală C_t și randamentul R al procesului.

d) Să se explice din ce cauză reactanții (metan tehnic + oxigen tehnic), se trec prin zona fierbinte a reactorului cu viteză foarte mare, încît timpul de contact să fie de $\sim 10^{-3}$ s, iar după aceea gazul de piroliză rezultat se răcește brusc prin stropire cu apă (călire cu apă)

e) Știind că la $T = 1575$ K, constantele de echilibru K_p ale reacțiilor

1) $2CH_4 \rightleftharpoons C_2H_2 + 3H_2$ (principală)

2) $CH_4 \rightleftharpoons C_{(s)} + 2H_2$ (reacții secundare,

3) $C_2H_2 \rightleftharpoons 2C_{(s)} + H_2$ nedorite)

au valorile (calculate din date sectroscopice):

Reacția	1	2	3
K_p	8,26	534	34589,

să se precizezeze pentru care dintre aceste reacții de atinge starea de echilibru. Presiunea de lucru se va lua 1 atm.

f) Cum se modifică conținutul de C_2H_2 în gazul de piroliză cu temperatura T și presiunea p la care are loc procesul? Dar cu timpul de contact? De ce procesul este necatalitic?

Rezolvare. a) Materiile prime intrate în reactor sînt metanul tehnic și oxigenul tehnic, iar materiile ieșite sînt cele date în enunț la compoziția gazului uscat de piroliză, la care trebuie adăugate apa gazoasă și negrul de fum. Tabelul de bilanț va avea forma (v. și R.F.C., 7,1980)

Materiale intrate kmol/d t/d		Materiale ieșite kmol/d t/d	
CH_4 tehnic	Metan pur	H_2	
	Azot	CO	
O_2 tehnic	Oxigen pur	C_2H_2	100
	Argon	CH_4	
		CO_2	
		N_2	
		Ar	
		O_2	
		C_2H_4	
		C_3H_4	
		C_4H_2	
		C_6H_6	
		$H_2O_{(g)}$	
		$C_{(s)}$	
Total		Total	

În acest tabel se cunoaște numai cantitatea de acetilenă, de 100 tone pe zi. Masele celorlalte substanțe intrate sau ieșite din proces, se vor calcula ținînd cont de compoziția gazului uscat

Scanned with OKEN Scanner

Deoarece la gaze procentele de vlum sînt egale cu cele molare ($\%_{cv} = \%_{omol}$), pentru 100 kmoli gaz ucat putem scrie:

Gazul	M	n, kmol	n', kmol/d	m, t/d
H_2	2	54,2	25422	50,8
CO	28	26,0	12195	341,5
C_2H_2	26	8,2	3846	100,0
CH_4	16	4,3	2017	32,3
CO_2	44	4,2	1970	86,7
N_2	28	1,6	750,5	21,0
Ar	40	0,6	281,4	11,3
O_2	32	0,3	140,7	4,5
C_2H_4	28	0,3	140,7	3,9
C_3H_4	40	0,1	46,9	1,9
C_4H_2	50	0,1	46,9	2,3
C_6H_6	78	0,1	46,9	3,7
		$\Sigma n_i = 100$	$\Sigma n'_i = 46904$	

Cu M s-a notat masa moleculară a fiecărei substanțe. Datele din coloana a 3-a arată că la 8,2 kmol C_2H_2, rezultă 54,2 kmol H_2, 26,0 kmol CO, ș.a.m.d. Dar calculul trebuie făcut pentru 100 t C_2H_2/d = 100 000 kh C_2H_2/d = 100 000/26 = 2846 kmol C_2H_2/d. De aceea, pentru a obține cantitățile de substanță în kmoli rezultate într-o zi, datele din coloana 3 trebuiesc înmulțite cu raportul 3846/8,2. Rezultatele obținute sînt trecute în coloana 4 în kmol/d și în coloana 5 în t/d. Cele din ultima coloană se pot trece direct în tabelul de bilanț.

Pentru a calcula cantitatea de negru de fum rezultată, vom ține cont de faptul că la 100 m^3N gazuscat = 100/22,4 = 4,4643 kmol gaz uscat, se formează 0,4 kg carbon solid = 0,4/12 kmol negru de fum. Refăcînd calculele pentru întreaga cantitate de gaz uscat = 46 904 kmol/d, se obține:

$$\begin{array}{ll} 4{,}4643 \text{ kmol gaz uscat} & \ldots\ldots\ldots 0{,}4/12 \text{ kmol } C_{(s)} \\ 46\,904 & \ldots\ldots\ldots\ x \end{array}$$

$$x = \frac{46\,904 \cdot 0{,}4}{4{,}4643 \cdot 12} = 350{,}2 \text{ kmol/d negru de fum} = 4203 \text{ kg/d} = 4{,}2 \text{ t/d}$$

Și acest rezultat va fi trecut direct în tabelul de bilanț.

Cantitatea de CH_4 intrată în proces, în kmoli, se poate calcula ținînd cont numai de produsele rezultate care conțin carbon, observînd că pentru a obține 1 kmol CO (sau CO_2, sau C_{solid}) se consumă 1 kmol CH_4 pentru a obține 1 kmol C_2H_2 (sau C_2H_4) se consumă 2 kmoli CH_4, pentru a obține 1 kmol C_3H_4 se consumă 3 kmoli CH_4, ș.a.m.d., pentru a obține 1 kmol C_6H_6 se consumă 6 kmoli CH_4. Prin urmare:

$$n_{CH_4} = 12195 \cdot 1 + 3\,846 \cdot 2 + 2\,017 \cdot 1 + 1\,970 \cdot 1 + 140{,}7 \cdot 2 + 46{,}9 \cdot 3 + 46{,}9 \cdot 4 + 46{,}9 \cdot 6 + 350{,}2 \cdot 1 = 25115 \text{ kmol/d} = 25115 \cdot 16 \cdot 10^{-3} = 401{,}8 \text{ t/d}$$

Acest rezultat va fi, de asemenea, trecut în tabelul de bilanț.

Scanned with OKEN Scanner

Hidrogenul din materialele ieşite provine din metan. Observînd că 1 kmol CH_4 conţine 2 kmoli H_2, 1 kmol C_2H_2 conţine 1 kmol H_2, 1 kmol C_2H_4 conţine 2 kmoli H_2, ş.a.m.d., 1 kmol C_6H_6 conţine 3 kmoli H_2, vom avea :

$$\text{kmoli } H_2 \text{ în materiale intrate} = 25115 \cdot 2 = 50\,230 \text{ kmol } H_2$$

$$\text{kmoli } H_2 \text{ în materiale ieşite} = 25422 + 3846 + 2017) \cdot 2 + 140{,}7 \cdot 2 +$$

$$+ 46{,}9 \cdot 2 + 46{,}9 \cdot 1 + 46{,}9 \cdot 3 + x = 33865 + x, \text{ kmol } H_2$$

Cu x s-a notat numărul de kmoli H_2O, care conţine tot atîţia kmoli H_2. Cantitatea de apă rezultată, în kmoli, se va obţine punînd condiţia :

$$\text{kmoli } H_2 \text{ în materiale intrate} = \text{kmoli } H_2 \text{ în materiale ieşite}$$

$$50\,230 = 33\,865 + x\,;\ x = 16365 \text{ kmol } H_2O = 16365 \cdot 18 \cdot 10^{-3} =$$

$$= 294{,}6 \text{ t/d}$$

Şi acest rezultat se trece direct în tabelul de bilanţ.

Cantitatea de O_2 pur intrată, se va obţine făcînd bilanţul O_2 atît la materialele intrate cît şi la cele ieşite. În acest caz 1 kmol CO (sau H_2O) conţine 0,5 kmol O_2, iar 1 kmol CO_2 conţine 1 kmol O_2. Prin urmare :

$$O_2 \text{ în kmoli la materiale ieşite} = 12\,195 \cdot 0{,}5 + 1970 + 140{,}7 +$$

$$+ 16365 \cdot 0{,}5 = 16391 \text{ kmol } O_2/\text{d} = 16391 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 524{,}5 \text{ t } O_2/\text{d}$$

Azotul şi argonul nu suferă nici o transformare chimică, încît cantităţile intrate vor fi egale cu cele ieşite. Reunind toate rezultatele în tabelul de bilanţ se obţine :

Tabel de bilanţ pentru reactorul unei fabrici de acetilenă, care produce 100 t C_2H_2 pe zi, prin piroliză termooxidativă

Materiale intrate		kmol/d	t/d	Materiale ieşite	kmol/d	t/d
Metan tehnic	CH_4	25115	401,8	H_2	25422	50,8
	N_2	750,5	21,0	CO	25195	341,5
Oxigen tehnic	O_2	16391	524,5	C_2H_2	3846	100,0
	Ar	281,4	11,3	CH_4	2017	32,3
				CO_2	1970	86,7
				N_2	750,5	21,0
				Ar	281,4	11,3
				O_2	140,7	4,5
				C_2H_4	140,7	3,9
				C_3H_4	46,9	1,9
				C_4H_2	46,9	2,3
				C_6H_6	46,9	3,7
				$H_2O_{(g)}$	16365	294,6
				$C_{(s)}$	350,2	4,2
Total		42538	958,6	Total	63619	958,7

Scanned with OKEN Scanner

De menţionat că fabricile de acetilenă au capacităţile de producţie cam de 100 t/d. Bilanţul de materiale calculat se referă la o astfel de fabrică.

Compoziţia gazului umed de piroliză, rezultă imediat din tabelul de bilanţ. Precizînd încă odată că la gaze procentele molare sînt egale cu cele de volum şi că numărul total de kmoli de gaz umed de piroliză este

$$n_g = 63619 - 350{,}2 = 63269 \text{ kmoli gaz umed,}$$

procentul în volume al H_2 va fi:

$$\%_v H_2 = \frac{25\,422}{63\,269} 100 = 40{,}2$$

Procedînd similar cu celelalte gaze se obţine:

Gazul	H_2	CO	C_2H_2	CH_4	CO_2	N_2	Ar	O_2
%v	40,2	19,3	6,1	3,2	3,1	1,2	0,4	0,2

Gazul	C_2H_4	C_3H_4	C_4H_2	C_6H_6+hidroc.sup	$H_2O(g)$
%v	0,2	0,1	0,1	0,1	25,9

b) Raportul molar de amestecare va fi:

$$\frac{\text{moli } CH_4 \text{ tehnic}}{\text{moli } O_2 \text{ tehnic}} = \frac{25115 + 750{,}5}{16391 + 281{,}4} = 1{,}55 \text{ mol } CH_4/\text{mol } O_2$$

sau în kg CH_4/kg O_2

$$\frac{\text{kg } CH_4 \text{ tehnic}}{\text{kg } O_2 \text{ tehnic}} = \frac{401{,}8 + 21{,}0}{524{,}5 + 11{,}3} = 0{,}79 = 0{,}8 \text{ kg } CH_4/\text{kg}O_2$$

c) Conversiile utilă C_u şi totală C_t se definesc prin rapoartele:

$$C_u = \frac{\text{număr moli } CH_4 \text{ transformaţi în acetilenă}}{\text{număr total de moli } CH_4 \text{ intraţi în reactor}}$$

$$C_t = \frac{\text{număr moli metan transformaţi în produse}}{\text{număr total de moli metan intraţi în reactor}}$$

Observînd că la obţinerea unui mol de acetilenă se consumă doi moli metan, conversia utilă este (v. tabelul de bilanţ):

$$C_u = \frac{2 \cdot 3846}{25115} 100 = 30{,}6\,\%$$

iar cea totală

$$C_t = \frac{12195 + 3846 \cdot 2 + 1970 + 140{,}7 \cdot 2 + 46{,}9 \cdot 3 + 46{,}9 \cdot 4 + 46{,}9 \cdot 6 + 350{,}2}{25115} 100 =$$

$$= 92{,}0\,\%.$$

Scanned with OKEN Scanner

Randamentul R al procesului (mai corect selectivitatea procesului) va fi :

$$R = \frac{30,6}{92,0} 100 = 33,3\ \%.$$

El are o valoare mică, deoarece o cantitate mare de metan arde formînd produse secundare : CO, CO_2, H_2O şi H_2. Din reacţiile de ardere rezultă căldura necesată conversiei metanului în cetilenă, reacţia (1) fiind endotermă

$$2CH_4 \rightleftharpoons C_2H_2 + 3H_2$$

$\Delta H^\circ_{f,298}$ kJ/mol $\quad -74,85 \quad 226,75 \quad 0$

$\Delta H^\circ_{298} = 226,75 + 2.74,85 = 376,45$ kJ (puternic endotermă)

Exprimînd în procente cantităţile de metan care ard şi cea care se transformă în alte produse (acetilena, etena, propina, diacetilena, benzen, negru de fum), se obţine (v. tabelul de bilanţ) :

$$\%_v CH_4 \text{ care arde} = \frac{(12195 + 1970)100}{25115} = 56,4$$

Mai mult de jumătate din întreaga cantitate de CH_4 introdusă în reactor, se consumă prin reacţiile de ardere. Restul, corespunde metanului netransformat

$$\%_v CH_4 \text{ netransformat} = \frac{2017}{25115} 100 = 8,0,$$

metanului transformat în acetilenă

$$\%_v CH_4 \text{ transformat în } C_2H_2 = \frac{3846 \cdot 2}{25115} \cdot 100 = 30,6$$

şi metanului transformat în celelalte produse (C_2H_4, C_3H_4, C_4H_2, C_6H_6 şi negru de fum)

$$\%_v \ CH_4 \text{ transformat în celelalte produse} =$$

$$= \frac{(140,7 \cdot 2 + 46,9 \cdot 3 + 46,9 \cdot 4 + 46,9 \cdot 6 + 350,2) \cdot 100}{25115} = 4,9$$

Pentru a micşora cantitatea de metan care arde, conversia se face cu oxigen şi nu cu aer, deoarece azotul din aer ar consuma o cantitate mare de căldură pentru încălzirea sa pînă la temperatura de reacţie. În plus. gazele reactante sînt preîncălzite pînă la 300—400°C, pe seama gazului fierbinte de piroliză rezultat.

Rentabilitatea procesului creşte, dacă din gazul de piroliză, după separarea acetilenei, se valorifică superior monoxidul de carbon şi hidrogenul, prin reacţia de sinteză a metanolului

$$CO + 2H_2 \rightleftharpoons CH_3OH_{(g)},$$

Scanned with OKEN Scanner

deoarece în gazul de piroliză H_2 și CO se găsesc aproximativ în proporția cerută de sinteza metanolului (v. enunțul)

$$n_{H_2}/n_{CO} = 54{,}2/26{,}0 \simeq 2$$

d) Reacția (1) are loc omogen (toate substanțele sînt gaze), în timp ce reacțiile (2) și (3) au loc eterogen, deoarece în cursul lor se formează și se separă o fază nouă, carbonul slid. De aceea, reacțiile (2) și (3) au o energie de activare mai mare decît reacția (1), sau e tot una cu a spune că reacțiile (2) și (3) au viteza mult mai mică decît reacția (1).

De aceea, trecînd reactanții prin zona fierbinte cu viteză foarte mare, încît timpul de contact să fie $\sim 10^{-3}$ s, reacțiile (2) și (3) nu vor avea timp să se producă, rămînînd departe de starea de echilibru, în timp ce reacția (1) se va produce atingînd starea de echilibru. Imediat după trecerea prin zona fierbinte, gazul de piroliză rezultat se stropește cu apă, pentru a-l răci brusc și a împiedica astfel producerea reacțiilor nedorite (2) și (3). La temperaturi scăzute (700—800°C), aceste reacții au viteze neglijabile.

De aici rezultă și importanța factorilor cinetici la realizarea practică a conversiei metanului în acetilenă.

e) Să calculăm rapoartele q_p pentru reacțiile (1), (2) și (3)

$$q_{p,1} = \frac{p_{C_2H_2} \cdot p_{H_2}^3}{p_{CH_4}^2}\,;\quad q_{p,2} = \frac{p_{H_2}^2}{p_{CH_4}}\,;\quad q_{p,3} = \frac{p_{H_2}}{p_{C_2H_2}},$$

definite prin expresii similare cu constantele de echilibru $K_{p,1}$, $K_{p,2}$, $K_{p,3}$. Diferența dintre q_p și K_p rezidă în aceea că, în cazul lui K_p presiunile parțiale au valori constante egale cu cele de echilibru, pe cînd în expresia lui q_p — presiunile parțiale au valori variabile în timp. La amestecarea reactanților ($t = 0$), q_p este egal cu zero. Pe măsură ce reacția avansează, q_p crește, devenind egal cu K_p la atingerea stării de echilibru. Astfel, pentru reacția (1), la $t = 0$, $p_{C_2H_2} = 0$ și $p_{H_2} = 0$ încît $q_p = 0$. Pe măsură ce reacția avansează, presiunile parțiale ale C_2H_2 și H_2 cresc, iar presiunea parțială a CH_4 scade,

$$\text{timp} \nearrow p_{C_2H_2} \nearrow p_{H_2} \nearrow p_{CH_4} \searrow$$

rămînînd constante cînd reacția ajunge la echilibru și $q_{p,1} = K_{p,1}$.

Revenind la calculul mărimilor q_p, presiunea parțială p_i se obține înmulțind presiunea totală p cu fracția molară x_i a gazului, $p_i = x_i \cdot p$, și deoarece $p = 1$ atm, presiunea parțială va fi egală chiar cu fracția molară. Deoarece la gaze fracțiile molare rezultă împărțind procentele de volum la 100, preluînd de la punctul a) compoziția gazului umed de piroliză se obține:

$$p_{H_2} = x_{H_2} = 0{,}402 \text{ atm}\,;\quad p_{CH_4} = x_{CH_4} = 0{,}0316 \text{ atm}\,;$$

$$p_{C_2H_2} = x_{C_2H_2} = 0{,}0608 \text{ atm}.$$

Scanned with OKEN Scanner

Cu aceste rezultate, obţinem pentru q_p valorile :

$$q_{p,1} = \frac{0{,}0608 \cdot 0{,}402^3}{0{,}0319^2} = 3{,}88 \text{ atm}^2; \quad q_{p,2} = \frac{0{,}402^2}{0{,}0319} = 5{,}07 \text{ atm};$$

$$q_{p,3} = \frac{0{,}402}{0{,}0608} = 6{,}61$$

De aici rezultă că prima reacţie atinge starea de echilibru (există diferenţe mici între constantele de echilibru calculate din date termodinamice şi cele găsite pe cale experimentală), în timp ce celelalte două rămîn departe de această stare ($q_{p,2} \ll K_{p,2}$; $q_{p,3} \ll K_{p,3}$).

f) Reacţia (1) este endotermă şi cu mărire de volum, încît este avantajată termodinamic de temperaturi mari şi presiuni scăzute. În acelaşi timp, acetilena formată prin reacţia (1) se poate descompune după reacţia (3), dacă timpul de contact este suficient de mare. De aceea

$$\%_{cv}\, C_2H_2 \nearrow T \nearrow p \searrow \text{timp de contact} \searrow$$

Procesul este necatalitic, deoarece viteza reacţiei (1) fiind suficient de mare (temperatura este mare(, nu mai este necesară prezenţa catalizatorului. În ce priveşte selectivitatea (catalizatorul avantajează o reacţie, în dauna celorlalte), numai 5% din metan se transformă în alte produse, încît nici acest lucru nu solicită prezenţa catalizatorului.

VALOAREA METODOLOGICĂ A INFORMAŢIEI ÎN FIZICĂ, IMPORTANŢA EXPERIMENTULUI ÎN OBŢINEREA INFORMAŢIEI

Profesor : *SEVER IOSIF GEORGESCU** Profesor : *ILIE GRIGORE*** Bucureşti

„Fizica este necesară în toate disciplinele nu numai ca procedee şi aparatură, ci şi ca mod de gîndire-etapă de căpetenie în formarea unui mod de gîndire ştiinţific constînd în structurarea cunoştinţelor privitoare la fapte şi structurarea legilor, dovedirea că ele pot fi obţinute pe cale deductivă din legi mai generale". (Şerban Ţiţeica)

Structurarea cunoştinţelor şi legilor ce guvernează fenomenele şi procesele fizice nu se poate realiza decît prin aplicarea unei metodologii adecvate care să realizeze obiectivele unui învţămînt modern, care să implice găsirea unor forme concrete de optimizare a procesului educaţional.

Dacă profesorul are în vedere, pe lîngă obiectivele informaţionale şi obiectivele metodologice în proiectarea oricărui act de învăţare, în realizarea oricărui act educaţional va asigura eficienţă sporită randamentului şcolar.

În selecţia şi ordonarea materialului informaţional, stabilirea conţinutului şi enunţarea sarcinilor individuale trebuie să se ţină seama

* Liceul ind. nr. 2.
** Liceul de mat. fiz. nr. 1.

Scanned with OKEN Scanner

în primul rînd, de conceptele teoretice, fundamentale ale psiho-pedagogiei învățării.

Informația dobîndită de elev în procesul învățării trebuie să aibă o valoare metodologică, să îndeplinească funcția formativă bazată pe organizarea cunoștințelor în jurul unor concepte de mare generalitate, cu putere integratoare și sintetizatoare ca: sistem, stare, proces, model, interacțiune, cauzalitate-legitate, relativitate, teorie etc,

Modalitățile practice de a face cunoscut elevilor noțiunile, conceptele au un dublu obiectiv. Un prim obiectiv privește pe elev care trebuie să devină interesat, pasionat, *să-i placă ceea ce face* pentru a ajunge la asimilarea și integrarea cunoștințelor noi în propriul său sistem de cunoștințe. Un al doilea obiectiv privește societatea căreia nu-i este indiferentă calea pe care ajunge la cunoaștere. De aici o sarcină importantă, aceea de a alege metodologii de învățare care să realizeze cunoștințe esențiale ce implică formarea comportamentelor impuse de obiectivele fundamentale ale învățării fizicii.

Menirea profesorului este de a coordona procesul de învățare încît *cunoștințele* despre evenimente și fapte să fie astfel structurate ca *să țină seama de relațiile funcționale dintre concepte* precum și de analogia dintre fenomene.

Ce se înțelege prin concept și care este metodologia introducerii lui în ansamblul de cunoștințe al elevului?

Conceptul — este o formă de abstractizare înaltă care se obține prin generalizări pornind de la faptele din natură, fiind continuu perfectibil. Pentru realizarea de concepte trebuie respectate următoarele etape:

— prezentarea notelor definitorii ale conceptului:
— etapizarea formării conceptului;
— modalitățile de realizare ale conceptului;
— operaționalitatea (utilizarea conceptului);
— integrarea conceptului în ansamblul de cunoștințe ale elevului;
— evaluarea conceptului.

Caracterul comportamental al unui obiectiv va fi asigurat de următorii indicatori:

— cine va manifesta comportamentul vizat (elevul, grupa, clasa);
— care sînt comportamentele observabile care demonstrează atingerea obiectivului;
— care sînt produsele acestor comportamente;
— în ce condiții se vor manifesta aceste comportamente;
— care sînt criteriile care permit evaluarea produsului așteptat.

Atingerea obiectivelor operaționale corespunzătoare fiecărei etape este o condiție a realizării capacităților vizate—asimilarea, investigarea experimentală, transferul instrumentului matematic și a metodei de investigare, capacitatea de exprimare în limbajul adecvat științei și de formare a unei atitudini științifice.

Măsura în care sînt atinse obiectivele fundamentale ale învățării fizicii este măsura în care subiectul educației (elevul, studentul) va răspunde la întrebările pe care i le va pune societatea contemporană: *cît*

Scanned with OKEN Scanner

de complet cunoaşte lumea?, cît de eficient utilizează strategiile cognitive?, cît de specializată este cunoaşterea realizată de el?, ce randament are efortul său de cunoaştere?, ce atitudine are faţă de rezultatele ştiinţei?.

Unitatea acestui sistem de capacităţi impune abordarea unitară a tuturor celorlalte aspecte ale tehnologiei educaţionale.

Proiectarea oricărui act de învăţare presupune:

— *înţelegerea profundă a obiectivelor generale de către fiecare profesor*;

— *elaborarea de către acesta a obiectivelor particulare specifice etapei respective*;

— *cunoaşterea performanţelor iniţiale ale elevilor, a capacităţilor acestora*;

— *cunoaşterea mijloacelor de care se vor folosi aceştia în timpul învăţării*;

— *algerea metodelor şi a procedeelor*;

— *elaborarea fluxului sarcinilor pentru elevi şi a celor de dirijare*;

— *elaborarea instrumentelor de evaluare a probei cu care se va stabili în ce măsură s-a realizat ceea ce s-a propus*;

Respectînd aceste cerinţe ale proiectului de tehnologie educaţională impus de fiecare unitate didactică a conţinutului care trebuie însuşit, probabilitatea de realizare a obiectivelor fundamentale ale învăţării fizicii atinge o valoare maximă, tinde spre certitudinea că studiul fizicii va contribui la o pregătire reală a elevilor pentru muncă, pentru viaţă.

Printre metodele şi procedeele de instruire care asigură învăţarea activă a fizicii se enumără: observaţia şi experimentul, rezolvarea de probleme, problematizarea, activitatea în grup, îmbinarea diferitelor forme de muncă cu învăţarea, desenul cu caracter tehnico-ştiinţific, elaborarea de referate, articole, sinteze, studierea unei biografii, metoda proiectelor, angajarea într-o cercetare, construirea de modele (machete, aparatură experimentală, etc.), cît şi aşa numitele metode tradiţionale (expunerea, verificarea, discuţia, etc.).

Recurgerea la o metodă sau alta, nu trebuie făcută după criteriu artificial care a dus la falsa împărţire a metodelor în metode moderne şi tradiţionale, ci după nevoia care apare în procesul de instruire. Folosirea unei mari diversităţi de metode este stimulativă şi în deplină concordanţă cu obiectivul instruirii. Trebuie deci alese acele metode şi folosite în aşa fel încît să stimuleze pe fiecare elev să se autodepăşească. Nu există metodă care să fie prin natura ei activă sau pasivă. Acest caracter al metodei decurge din adecvarea sau neadecvarea ei la obiective, la conţinutul învăţămîntului, la condiţiile în care are loc procesul de instruire.

Organizarea efectivă a procesului de instruire bazat pe principiile şi metodele care asigură învăţarea activă a fizicii se poate face trecînd prin următoarele etape:

— *identificarea unităţilor principale ale conţinutului temelor, precum şi a capacităţilor care trebuie angajate la instruirea elevilor*;

— *algerea unui singur obiectiv care să subordoneze întreaga activitate*;

Scanned with OKEN Scanner

— *organizarea acelor elemente materiale și ideale care facilitează orientarea elevului în alegerea acțiunilor și în efectuarea lor*;

— *formularea obiectivului și realizarea instructajului general de dirijare a operațiilor cu obiecte reale și ideale*;

— *desfășurarea pe etape a operațiilor necesare atingerii obiectivelor și dirijarea de către profesor a acestora*;

— *formularea de către elevi a rezultatelor obținute în procesul de învățare*;

— *validarea rezultatelor de către profesor și generalizarea lor*;

— *aplicarea probei de evaluare a atingerii obiectivului propus.*

Aceste etape sînt valabile pentru organizarea oricărei secvențe a procesului educațional de orice întindere ar fi acesta.

Eficiența lecțiilor de fizică cu *caracter interdisciplinar* bazate pe experiment integrat este incontestabilă.

Experimentarea în învățarea fizicii dobîndește noi valențe avînd ca efect transformarea relației profesor-elev în relații de colaborare, stimulează și întreține învățarea activă și nu pe cea pasivă, adică exclusiv receptivă. Elevul acționează, cercetează, presupune, redescoperă, consolidează, aplică, învață metodologia obținerii informației asigurîndu-i trăinicie cunoștințelor și optimism în procesul dobîndirii de noi cunoștințe.

Comportamentele lor se formează în cea mai mare parte pe convingeri, ceea ce presupune pasiune, tact și măiestrie pedagogică din partea profesorului de fizică pentru a obișnui elevii să gîndească privind desfășurarea unui fenomen, să interpreteze, să analizeze, să generalizeze, să abstractizeze, să aplice practic.

Experimentul didactic realizează *funcția cognitivă* cînd din acesta se obține o informație nouă și *funcția aplicativă* cînd experimentul permite aprofundarea cunoștințelor prin aplicarea lor în practică.

Experimentul cognitiv poate fi: a) *demonstrativ*, efectuat de profesor care asigură reușită tehnică și didactică; efectuat de un grup de elevi care au fost instruiți și au pregătit experimentul, cunosc multitudinea și complexitatea problemelor tehnice pe care le implică realizarea experimentului; b) *de redescoperire* care se desfășoară frontal cu mijloace de învățămînt distribuite elevilor care asigură dezvoltarea capacității de cunoaștere și de creație a elevilor, dezvoltarea inventivității lor și o durabilitate sporită a cunoștințelor dobîndite de elevi.

Experimentul cognitiv urmărește:

— punerea în evidență a unor fenomene;
— găsirea unor legi de desfășurarea fenomenului;
— verificarea unor legi sau ipoteze;
— măsurarea unor mărimi fizice;
— determinarea unor constante de material;
— studiul unor aparate, instrumente de măsurare, etc.;

Funcția aplicativă a experimentului se realizează în cadrul lucrărilor de laborator în sensul integrării lor în desfășurare a curentă a lecțiilor de fizică.

Scanned with OKEN Scanner

Utilizînd *algoritmizarea, problematizarea, problemele experimentale* asigurăm tehnologia didactică corespunzătoare experimentului aplicativ care stimulează forţele latente ale capacităţii de asimilare ale elevilor, trecînd de la rolul pasiv de receptor la acela de factor activ.

Experimentul aplictiv urmăreşte:

— să consolideze şi să clarifice cunoştinţele teoretice prin aplicarea lor în practică;

— să stimuleze operaţionalitatea şi creativitatea gîndirii elevilor;

— să arate elevului rolul măsurătorii în fizică;

— de a deprinde pe elevi cu evaluarea erorilor şi micşorarea lor;

— de a dezvolta la elevi spiritul de muncă independentă.

Desigur că baza activităţii experimentale o constituie existenţa în laboratorul de fizică a unor mijloace de învăţămînt care să faciliteze desfăşurarea lecţiilor de fizică cu experiment integrat şi în acelaşi timp experimente tipice, convingătoare. Trusa de fizică pentru elevi destinată învăţămîntului liceal, mijloacele de învăţămînt realizate în cadrul cercurilor de creaţie, de fizică aplicată, sau prin alte posibilităţi locale — oferă efectuarea unei game largi de experimente calitative şi cantitative corespunzătoare conţinutului programelor şcloare pe grupe de elevi.

În cadrul celor două laboratoare de fizică din cadrul liceului nostru şi anume laboratorul de fizică I destinat experimentelor de mecanică, căldură şi fizică moleculară şi laboratorul de fizică II destinat experimentelor de electricitate, electronică şi optică fizică — mobilierul adecvat funcţional, cu instalaţie electrică şi sursă de apă permite desfăşurarea majorităţii lecţiilor de fizică cu experimentul integrat. Distribuţia de energie electrică la mese se face centralizat, fiind comandată de profesor, fiecare grupă (de 2 elevi) are la masă tensiunea de 24 V c.c. şi c.a. şi 220 V c.a., priză de contact de protecţie în vederea conectării surselor de tensiune. În cadrul cercului de fizică aplicată au fost realizate surse de tensiune stabilizată, reglabile în 10 trepte: 3—36 V c.c. şi c.a. cu autoprotecţie, necesare alimentării circuitelor electrice pentru experimentele didactice integrate la capitolul: „Regim staţionar şi variabil al curentului electric".

Obiectivul numărul 1 al profesorului de fizică este de a forma deprinderi şi obişnuinţe la elevi, de a interveni pe baza legilor studiate, concret în orice situaţii practice care apar: casnice, în laborator, într-o secţie în atelier etc., *să fie capabili de a arăta că posedă cunoştinţe şi nu informaţii.*

Din numeroasele exemple care se pot da din fizică spre a ilustra realizarea concretă a funcţiei aplicative cît şi a funcţiei cognitive a experimentului integrat în lecţie indicînd metodologia obţinerii informaţiei care implică formarea unui sistem de comportamente ce justifică formarea şi dezvoltarea la elevi a capacităţii de asimilare, de investigare experimentală, de transfer a instrumentului matematic şi a metodei de investigare, de formare a unei atitudini ştiinţifice prezentăm metodele şi modali-

Scanned with OKEN Scanner

tăţile concrete utilizate în desfăşurarea lecţiei „*Generarea tensiunii termoelectromotoare* (*t.e.m.*) *alternative-producerea curentului alternativ*" prevăzută la clasa a X-a conform programei de fizică pe anul în curs (1980—1981). Durata lecţiei este de două ore.

Suporturile pe care s-a bazat organizarea lecţiei au fost : 1. referinţe sau cunoştinţe operaţionale;

2. mijloace de învăţămînt existente şi necesare în lecţie;

3. nivelul clasei;

4. corelarea cunoştinţelor de fizică cu cunoştinţele de specialitate acumulate pînă în prezent;

5. condiţiile de desfăşurare a lecţiei de fizică.

Motivaţie : — mijloacele de învăţămînt avute la dispoziţie pentru experiment pot fi folosite pentru producerea fenomenului de inducţie electromagnetică, pentru măsurare, vizualizare etc., fie pe grupe de elevi, fie individual, fie demonstrativ, în funcţie de cantitatea şi calitatea materialului, precum şi de gradul de acomodare al elevilor cu aparatura şi materialele din dotarea laboratorului;

— Cunoştinţele acumulate de elevi pînă la lecţia în cauză permit raţionamente şi analogii care sprijină lecţia.

În aceste condiţii am constatat că pentru lecţie sînt necesare următoarele aparate şi materiale din dotarea laboratorului :

— bobină cu multe spire (500 spire), magnet bară, sistem „multiplicator în cîmpul magnetic al unui electromagnet", alimentator didactic, galvanometru, multivoltmetru (10 V c.a.), multiampermetru (1 A c.a.) toate pentru o grupă de 4 elevi. Profesorul utilizează şi osciloscopul. Cunoştinţele acumulate de elevi pînă în prezent ce au reprezentat suportul de bază al învăţării în cadrul lecţiei în planul „*Manifestări de comportament intelectual şi deprinderi experimentale*" au fost :

— interacţia „Cîmp electric-sarcină electrică";

— comportarea substanţei în cîmpul electric;

— osciloscopul ca aparat ce detectează şi măsoară potenţialele electrice, funcţionînd pe baza interacţiei dintre un cîmp electric şi sarcinile ce pătrund în el;

— inducţia electromagnetică ca fenomen fizic, ilustrarea experimentală a fenomenului;

— inducţia electromagnetică într-un conductor rectiliniu ce traversează un cîmp magnetic omogen;

— cunoaşterea principiului de funcţionare al ampermetrului şi voltmetrului;

Avînd la bază aceste suporturi materiale şi teoretice precum şi scopul de instrucţie şi educaţie al elevilor prin lecţia de fizică au rezultat următoarele obiective :

1 — Verificarea gradului de operaţionalitate a cunoştinţelor referitoare la: interacţia dintre cîmpul electric şi sarcina electrică, inducţia electromagnetică ca fenomen fizic, ilustrarea fenomenului de inducţie electromagnetică, aplicaţii ale interacţiei dintre cîmpul electric şi sarcina electrică, legea lui Ohm pentru circuit cu rezistori;

Scanned with OKEN Scanner

2 — Cunoaşterea gradului de formare a elevilor cu priceperi şi deprinderi pratice, de dezvoltare a capacităţii, de investigare experimentală prin :

a. stabilirea analogiilor între parametrii sistemului mecanic (x, v, F, L_m, k, a, m, W_p, W_c) şi sistemul electromagnetic $\left(q, i, U, L_e, \frac{1}{C}; L, W_e, W_m\right)$.

b. observarea unui experiment efectuat de un experimentator (profesor sau elev) şi înregistrarea datelor într-un tabel dat :

Experimentul	Operaţia	Observaţie	Semnificaţia	Concluzia
este dat	stabilită de prof. prin fişă	este adunată de elev	codifică observaţiile	trage concluzii finale (poate fi dată ca temă pt. acasă)

c. emiterea unei ipoteze pe baza raţionamentelor analogice;

d. proiectarea unui experiment pentru verificarea ipotezei;

e. extragerea concluziilor din datele obţinute din experiment;

f. interpretarea ipotezei în cadrul unui anumit sistem sau explicarea situaţiilor observate utilizînd o teorie cunoscută.

3 — Formarea concepţiei ştiinţifice de analiză, prelucrare, generalizare, aplicare practică, inovaţii.

4 — Formarea spiritului de învăţare într-un domeniu prin cercetare în cadrul lecţiilor de fizică.

5 — Formarea spiritului de cercetare pornind de la simplu la complex, de la cunoscut la prognozarea necunoscutului şi de aici la convingeri.

6 — Dezvoltarea curajului şi voinţei prin manifestarea individualităţii în cercetare.

7 — Cunoaşterea aspectului social şi economic al interpretării fenomenului de inducţie electromagnetică în spirit practic.

8 — Extinderea noţiunii de oscilaţie în electromagnetism.

Pentru atingerea obiectivelor ne-am propus un plan de desfăşurare a lecţiei prin care să se exercite o activitate permanentă a celor trei factori implicaţi în învăţare : profesor, elevi, grupă de elevi prin care să exploateze raţional atît materialul didactic cît şi posibilităţile intelectuale şi capacitatea de angajare a elevilor la îndeplinirea sarcinilor în condiţii special create.

Pentru organizarea acestui plan de desfăşurare a lecţiei am ţinut cont de rolul fiecărui pivot :

— profesorul : pe bază de fişă pune problemele, dirijează soluţionarea problemelor, ajută elevii în situaţii noi apărute — conduc învăţarea — educă;

— elevul : răspunde intenţiei profesorului de a soluţiona o problemă, de a soluţiona o comandă după un instructaj prealabil, înregistrează şi prelucrează date, ridică noi probleme, manipulează aparatura şi materia-

Scanned with OKEN Scanner

lele didactice — se instruiește — se dezvoltă în plan spiritual și al deprinderii de lucru experimental, de cercetare — se civilizează — se educă;

— grupa de elevi: prin cooperare participă la prelucrarea datelor, prin confruntare de opinii elaborează decizii, prin cooperare realizează experimentul în condiții optime, prin schimb de păreri între membrii grupei, aceștia se autoinstruiesc, urcă pe următoarea treaptă a civilizației spiritului uman de întrajutorare — se autoeducă.

Pe bază de fișă de lucru profesorul conduce întregul proces al învățării în cadrul lecției de fizică.

La cererea profesorului veți rezolva următoarele probleme:

1. — Imaginați-vă un conductor care traversează un cîmp magnetic. Ce semnificație practică ar avea conductorul în situația amintită? Justificați răspunsul;

2. — Apreciați importanța practică a fenomenului de inducție electromagnetică;

3. — Conturați printr-o definiție fenomenul de inducție electromagnetică; apreciați condițiile de producere, prin inducție electromagnetică:

— a cîmpului electric indus

— a T.e.m. induse

— a curentului electric indus.

4. — Justificați că prin inducție electromagnetică se produce energie electrică; motivați experimental această energie electrică;

5. — Care din cele două variante „Deplasarea conductorului în cîmp magnetic" sau „Deplasarea magnetului într-o bobină" cunoscute de voi, este eficientă în practica industrială;

6. — Descrieți două metode practice dar și eficiente pentru producerea cîmpului electric indus.

7. — Motivați experimental că metodele descrise de voi sînt eficiente

8. — Analizați și precizați categoria cîmpului electric obținută prin fenomenul de inducție electromagnetică în cele două cazuri;

9. — Care este noua funcție a dispozitivului prezentat pe masa voastră, dacă este pus în funcțiune pentru producerea fenomenului de inducție electromagnetică;

10. — Puteți aprecia t.e.m. indusă în dispozitivul folosit de voi cu ajutorul osciloscopului? Explicați cum este posibil.

11 — Care este avantajul osciloscopului față de galvanometru?

12. — Folosiți osciloscopul de pe masa voastră pentru punerea în evidență a caracterului t.e.m. induse obținută cu cele două dispozitive precum și pentru reprezentarea grafică a acestei tensiuni.

13. — Ați observat o curiozitate? Justificați-o.

14. — Ați observat la osciloscop graficul t.e.m. induse într-un multiplicator (spiră) ce se rotește uniform într-un cîmp magnetic omogen. Să analizăm fenomenele ce au loc la rotirea spirei într-un cîmp magnetic omogen (cu axa perpendiculară pe cîmp) și să determinăm valoarea t.e.m., cunoscînd că ambele ramuri ale spirei traversează cîmpul.

15. — Puteți aprecia valoarea în timp a mărimilor fizice ce participă la procesul de inducție electromagnetică în cazul rotirii uniforme a spirei în cîmpul magnetic omogen?

Scanned with OKEN Scanner

16. — Este sinusoidală t.e.m. indusă în bobina în care se deplasează un magnet în cazurile:
— intră și iese pe aceiași parte;
— intră pe o parte și iese pe cealaltă parte;
— oscilează armonic în jurul centrului bobinei de-a lungul acesteia;
17. — Este sinusoidală t.e.m. indusă în bobina în fața căreia se rotește uniform un magnet liniar?
18. — Este sinusoidală t.e.m. indusă într-o spiră în care se rotește un magnet liniar cu axa transversală de-a lungul axei spirei?
19. — Prin analogie cu legea de variație a elongației mișcării oscilatorii armonice stabiliți:
— caracterul acestei tensiuni induse și ce reprezintă e, A, ω
20. — Reprezentați fazorial t.e.m. într-o spiră, în două spire alăturate fixate pe același cadru, etc., cînd se rotesc uniform în același cîmp magnetic uniform cu axa perpendiculară pe cîmp (se ia ca referință valoarea maximă a t.e.m. indusă într-o singură spiră).
21. — Reprezentați grafic t.e.m. indusă în cazurile anunțate la punctul 19.
22. — Reprezentați grafic fluxul ce străbate suprafața spirei și t.e.m. indusă în același sistem de axe rectangulare în cazul inducției electromagnetice într-o spiră ce se rotește uniform într-un cîmp magnetic uniform.

Evident, că metodele și modalitățile concrete de lucru pentru învățarea fizicii sînt numeroase, prezintă o mare diversitate în funcție de pasiunea, dăruirea, preocuparea permanentă de perfecționarea metodico-științifică a profesorului.

FOLOSIREA TEORIEI BENZILOR DE ENERGIE LA INTERPRETAREA INTUITIVĂ A UNOR NOȚIUNI DE CHIMIE

Prof. *TEMEREANCĂ GHEORGHE*, Tg. Jiu

Modelul benzilor de energie. Structura benzilor de energie într-un solid cristalin, în general, se obține prin rezolvarea ecuației Schrödinger în aproxiația unui singur electron. Aici vom utiliza un model simplificat obținut pe cale grafică, în urma unei tratări fenomenologice a problemei în cazul unidimensional.

Într-un cristal format din N atomi, fiecare nivel discret se transformă într-o bandă energetică prin efect Stark (Despicarea liniilor spectrale în cîmpuri electrice); fiecare zonă este formată din N nivele dispuse foarte aproape unul de altul. În figura 1 sînt reprezentate nivelele de energie ale unui atom de sodiu în stare izolată (1, a), ale unor atomi de sodiu alăturați (1, b) și benzile de energie ale sodiului metalic (1, c).

Zonele energetice, obținute prin desfacerea nivelelor discrete ca urmare a micșorării distanței dintre atomi, poartă denumirea de zone permise; ele sînt separate prin zone interzise, care nu pot fi ocupate de electroni. Din nivelul de excitație rezultă zona de conducție ZC, din

Scanned with OKEN Scanner

nivelul de valenţă rezultă zona de valenţă ZV. Cu excepţia metalelor unde are loc suprapunerea zonelor ZV şi ZC, restul zonelor permise sînt separate prin zone interzise ZI (fig. 2).

Variaţia energiei potenţiale este foarte puternică în apropierea nucleelor, iar în volumul cristalului rămîne aproximativ constantă; la

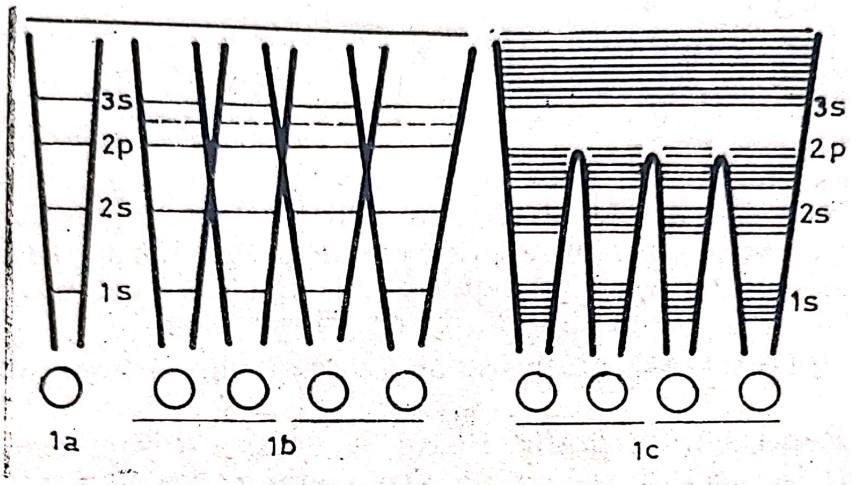


Fig. 1

suprafaţa cristalului are loc o variaţie pronunţată a energiei potenţiale, formînd bariere de energie potenţială.

1. Interpretarea intuitivă a legăturilor chimice.

a) *Legătură ionică.* Exemplul tipic de legătură ionică este legătura dintre un halogen şi un metal alcalin într-o halogenură. În stare izolată, la ambii atomi păturile K şi L sînt complet ocupate, în timp ce pe pătura

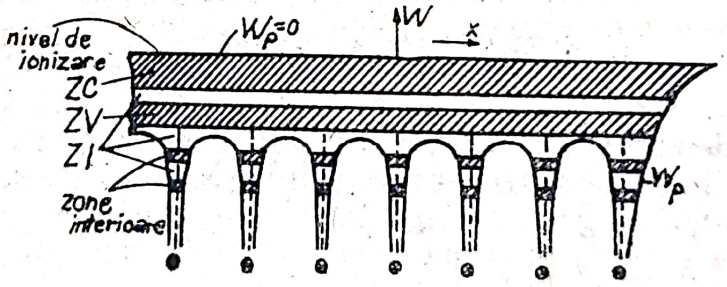


Fig. 2

M clorul posedă 7 electroni, iar sodiul un singur electron. Cînd un atom de sodiu se alătură unui atom de clor, aşa cum se întîmplă în cristalul NaCl, nivelele se transformă în benzi, iar bariera de potenţial dintre atomi se coboară (fig. 3, curba punctată). Electronul sodiului din banda M părăseşte acest atom fiind captat de banda M a clorului unde ocupă un nivel liber, în acest mod obţinîndu-se un anion Cl^- şi un cation Na^+.

Legătura ionică este o atracţie electrostatică, exercitată între ioni încărcaţi cu sarvini electrice opuse. Interacţiunea a doi ioni care au sar-

cinile Zi^e şi Zj^e, unde e este sarcina elementară, se poate descrie astfel: la distanţe mari, ionii se atrag sau se resping datorită interacţiunilor coulombiene, care sînt descrise de o funcţie de potenţial de forma $\frac{Z_i Z_j \cdot e^2}{r_{ij}}$ unde r_{ij} este distanţa dintre ionii i şi j.

Cînd ionii se apropie unii de alţii astfel încît păturile lor electronice se întrepătrund, apare o interacţiune de respingere între ei. Poziţia de echilibru a ionilor corespunde acelei distanţe dintre ioni pentru care cele

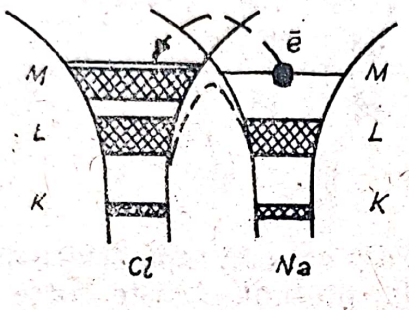


Fig. 3

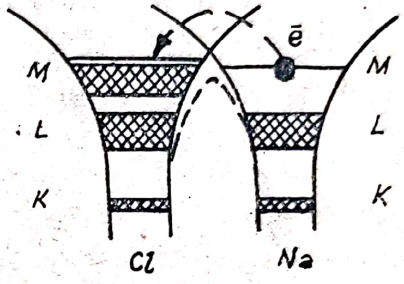


Fig. 4

două interacţiuni au pondere egală. Potenţialul de respingere scade foarte repede cu distanţa dintre ioni, iar Born a sugerat că dependenţa de distanţa r_{ij} să fie aproximată prin r_{ij}^{-n}, o funcţie care, cînd n este mare, creşte foarte repede cu micşorarea distanţei, ceea ce corespunde suficient de bine unui model de sfere rigide. În acest caz, nergia potenţială corespunzătoare interacţiunii a doi ioni este dată de:

$$U_{ij} = \pm \frac{Z_i Z_j e^2}{r_{ij}} + \frac{B_{ij} e^2}{r_{ij}^n} \quad \text{(C.G.S.)}$$

Iată de ce electrovalenţa nu trebuie totuşi considerată ca o legătură chimică propriu-zisă, deoarece în limitele atracţiei electrostatice, ionii îşi schimbă poziţiile unii faţă de alţii. Fac excepţie ionii din nodurile reticulare ale cristalelor care, săvîrşind numai o mişcare vibratorie, pendulează în jurul unor poziţii medii de echilibru.

b) *Legătura covalentă.* În timp ce legătura ionică nu se realizează decît între atoni de natură diferită, legătura covalentă se poate stabili şi în cristalele în care intervine o singură specie de atomi. Pentru exemplificare să considerăm doi atomi de acelaşi fel (1) şi (2) a căror ultimă pătură e numai parţial ocupată. Prin apropierea acestor atomi, bariera de potenţial coboară (fig. 4, linia punctată) şi întrucît ambii atomi au ultima bandă incomplet ocupată, electronii pot transversa bariera prin efect tunel (se explică prin natura ondulatorie a electronilor) trecînd de la un atom la celălalt. Cei doi atomi pun în comun doi electroni cu spinii antiparaleli, între atomi exercitîndu-se forţe de schimb care realizează legătura chimică. Vom putea menţiona o anumită explicaţie intuitivă a forţelor de schimb, cu totul descriptivă. În cazul moleculei de hidrogen, spre exemplu, care are doi electroni, dacă cei doi electroni au spinii de sens contrar, de fapt, nu avem de-a face cu sarcini punctiforme, ci cu un nor de sarcini, situat în cea mai mare parte între cei doi protoni.

Densitatea de sarcină fiind maximă între cei doi protoni, care exercită cîte o forţă de atracţie considerabilă şi asupra electronului, care nu le aparţine momentan, face să prevaleze forţa de atracţie asupra celei de repulsie protonică şi în consecinţă forţa de schimb să fie atractivă. Energia de schimn descrie în esenţă, din punct de vedere cuantic, tocmai această

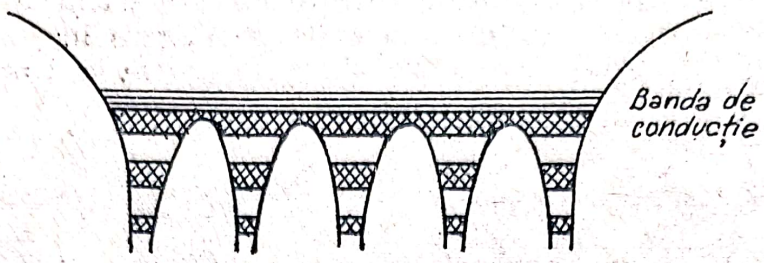


Fig. 5

interacţiune electrostatică, care rezultă din această repartizare neuniformă a densităţii de sarcină în jurul celor doi protoni. Aceste forţe nu au un analog clasic. Intuitiv, ne putem imagina că aceste forţe apar ca urmare a permutării particulelor. Această permutare este evident insesisabilă experimental întrucît particulele sînt indiscernabile.

Legăturile covalente fiind legături localizate şi dirijate în spaţiu, distanţele interatomice nu variază cu starea de agregare şi, de aceea atomii respectivi nu-şi schimbă poziţiile unii faţă de alţii.

c) *Legătura metalică.* În cazul metalelor, ultima bandă permisă în care se află electroni este numai parţial ocupată (fig. 5). Nivelele libere din această bandă fiind comune tuturor electronilor, aceştia sînt cuasi-liberi, aparţinînd întregului cristal. Legătura metalică se aseamănă într-un fel cu legătura covalentă, deoarece este alcătuită tot din electroni puşi în comun. Potrivit concepţiei chimistului american Linus Pauling, în reţeaua metalică electronii puşi în comun aparţin nu numai atomilor pe care îi unesc — ca în cazul legăturii covalente — ci sînt repartizaţi în mod statistic în tot cuprinsul metalului. Legăturile dielectronice stabilite între atomii vecini în reţeaua metalică, fiind foarte labile, se desfac şi se refac necontenit. Legătura chimică metalică realizată prin puternice forţe de schimb conferă cristalului o coeziune puternică. Legăturile metalice spre deosebire de cele covalente, sînt nesaturate, nelocalizate şi neorientate în spaţiu, explicîndu-se astfel plasticitatea metalelor.

2. Interpretarea intuitivă a mecanismului acţiunii catalizatorilor. Vom face referiri la catalzatorii care, din punct de vedere al proprietăţilor electrice, aparţin clasei semiconductoare, ca de exemplu : ZnO, NiO, Cu_2O, V_2O_5, Fe_2O_3, Ag_2S, Bi_2S_3 etc.

Defectele introduc în banda interzisă a semiconductorilor extrinseci nivele adiţionale care se găsesc în echilibru fie cu banda de conducţie — nivele donoare (fig. 5), fie cu banda de valenţă — nivele acceptoare (fig. 6).

Nivelele adiţionale funcţionează deci ca trepte intermediare între banda de valenţă şi cea de conducţie : cele donoare pot ceda electroni benzii de conducţie, iar cele acceptoare pot primi electroni din banda de valenţă

(în banda de valenţă, în locul electronilor plecaţi, apar goluri electronice, care se comportă ca sarcini pozitive).

La baza teoriilor actuale, care tind să explice mecanismul catalizei eterogene, stau rezultatele obţinute din studiile experimentale şi teoretice asupra adsorbţiei, chemisorbţiei şi a naturii centrilor activi de pe suprafaţa

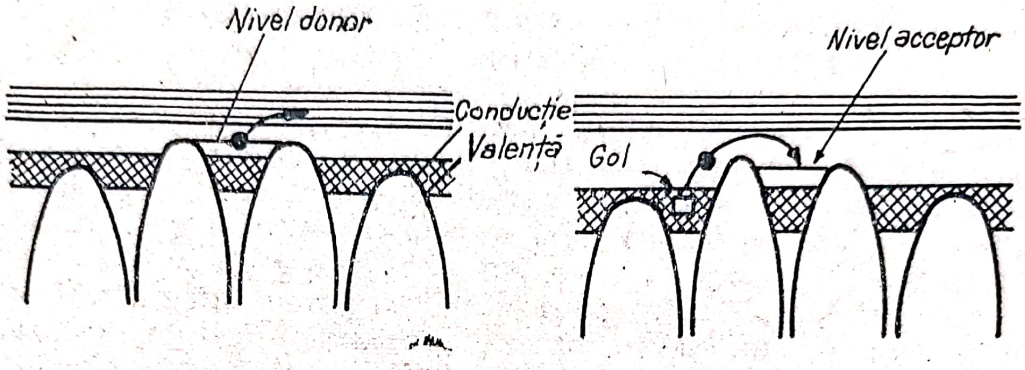


Fig. 6

catalizatorului solid. Chemisorbţia şi adsorbţia activată prezintă o deosebită importanţă în cataliză eterogenă, deoarece adsorbţia chimică a cel puţin unuia dintre reactanţi este o condiţie necesară a activităţii catalitice. La adsorbţia pe un semiconductor un rol important îl are gazul de electroni sau de goluri care apar în urma migraţiei electronilor liberi. Particula chemisorbită poate servi ca centru de localizare pentru electronul liber al reţelei, jucînd rolul de acceptor, sau poate servi ca centru de localizare pentru golurile electronice, manifestîndu-şi rolul de donor.

Pentru a reprezenta procesele complexe care au loc pe suprafaţa catalizatorului este necesar să ne imaginăm că, la interacţia electronilor liberi sau golurilor din reţeaua catalizatorului semiconductor cu moleculele reactante, vor apărea, ca urmare, radicali liberi. Rolul catalizatorilor ar fi deci de a iniţia formarea radicalilor lineri şi de a favoriza dezvoltarea ulterioară a procesului chimic. Iniţierea radicalilor liberi şi efectuarea reacţiei chimice sînt posibile datorită existenţei „valenţelor libere" (negative şi pozitive) de la suprafaţa catalizatorului.

BIBLIOGRAFIE

1) *Bunget. I., Popescu, M.* Fizica dielectricilor solizi, Ed. ştiinţifică şi enciclopedică, 1976 ; 2) *Feynman, P., Richard*, Fizică modernă, vol. II şi III, Ed. tehnică, Bucureşti, 1970 ; 3) *Moisil, C., George*, Fizică pentru ingineri, Vol. II, Ed. te. Bucureşti, 1968 ; 4) *Linus Pauling*, Chimie generală, Ed. ştiinţifică, Bucureşti, 1972 ; 5) *Rabega, C. Rabega*, M., Atomi, ioni, molecule, Ed. Ion Creangă, Bucureşti, 1974 ; 6) *Sahini V* şi colaboratori, Probleme actuale de chimie, Ed. did. şi ped. Bucureşti, 1964 ; 7) *Sandu S. S.*, Electronică fizică, Ed. Academiei, Bucureşti, 1974 ; 8) *Vescan Teofil* Curs de teoria particulelor elementare, Ed. did. şi ped. Bucureşti, 1963.

UN PUNCT DE VEDERE METODOLOGIC PRIVIND FORMAREA CONCEPTULUI DE TEORIE ÎN PROCESUL DE ÎNVĂȚARE AL ȘTIINȚELOR FUNDAMENTALE.

(Comunicare prezentată la Simpozionul Național de fizică-chimie la Tg. Mureș 11—12 octombrie 1980)

Profesor *SEVER IOSIF GEORGESCU*, București

1). Avînd în vedere viteza mare de apariție a informației, de aplicare a acesteia în practică, indiferent de izvorul care a furnizat-o : manualul, revista de specialitate, presa, radioul, televiziunea — se impune cu necesitate ca informațiile să aibă o valoare metodologică, să se pună accent pe funcția formativă a acestora și să se organizeze cunoștințele în jurul unor concepte de mare generalitate, cu putere integratoare și sintetizatoare ca : sistem, stare, proces, cauzalitate-legitate, interacțiune, model, relativitate, teorie, etc.

Menirea profesorului este de a coordona procesul de învățare al disciplinelor fundamentale : fizică, matematică, chimie, biologie încît cunoștințele despre evenimente și fapte să fie astfel strcturate ca să țină seama de relațiile funcționale dintre concepte precum și de analogia dintre fenomene.

Deci, trebuie *să ne alegem obiectivele care să conducă la formarea unui sistem de comportamente care să justifice formarea și dezvoltarea la elevi a capacității de asimilare, de investigare experimentală, de transfer al instrumentului matematic și metodei de investigare, de exprimare în limbajul adecvat științei (de verbalizare) și de manifestare a unei atitudini științifice.* Numai în acest sens putem înzestra tineretul școlar cu atributele de viață necesare în societatea prezentă și viitoare, de a-l înarma cu ideile fundamentale ale științei contemporane, contribuind la ridicarea nivelului general de cultură și de pregătire tehnologică.

2). Învățarea științelor fundamentale în spirit interdisciplinar asigură eficiență sporită a randamentului școlar, permite elevului să înțeleagă că știința fizicii, a matematicii, a chimiei, a biologiei constituie sisteme deschise a căror structură se poate modifica și ale căror frontiere sînt împinse din ce în ce mai departe de către omenire.

De altfel, caracterul interdisciplinar al științelor naturii : fizica, chimia, biologia este accentuat și de faptul că acestea au ca obiect construirea de modele și de teorii pentru studiul diverselor forme de mișcare (fizică, chimică, biologică) iar corelația dintre ele o realizăm prin intermediul matematicii, știință care studiază relațiile calitative, cantitative și structurale care se pot imagina între obiectele lumii reale în cadrul modelelor care se constituiesc pentru reprezentarea lor.

3). Conceptul de teorie privit ca o reflectare sistematizată, generalizată a unui ansamblu de cunoștințe și de idei relativ la unele domenii ale realității obiective sau ale conștiinței sociale se include ca element esențial în sistemul de cunoștințe al omului cult, capabil să dea expli-

Scanned with OKEN Scanner

cație și să interpreteze faptele sau evenimentele care aparțin anumitor domenii sau categorii de fenomene. Teoria, este conceptul care are o sferă mai largă și devine accesibil din momentul în care s-au integrat în sistemul de cunoștințe al elevului — au fost utilizate și evaluate o mulțime de concepte componente ca : sistem fizic, mărime fizică, proces, fenomen, cauzalitate-legitate, invarianță, relativitate, etc.

Depinde și de teoria pe care vrem s-o construim.

4). Voi prezenta metodologia formării conceptului de „teoria relativității restrînse" prevăzută în programa clasei a XII-a insistînd asupra interpretării geometrice a consecințelor ce se desprind din grupul de transformări Lorentz-Einstein (stabilite tot pe cale geometrică)* asupra conceptului de cauzalitate în teoria relativității restrînse și interpretării relației lui Einstein $\Delta E = \Delta m . c^2$ — relație de interdependență dintre masă și energie, ca mărimi de stare ale materiei, masa legată de starea inertă a materiei și energia legată de starea de mișcare a materiei în toate transformările ei. Relația lui Einstein prezintă o importanță deosebită în special prin aplicațiile sale în domeniul energiei nucleare, reprezentînd de fapt relația de bază a relativității restrînse.

— Formarea conceptului de „teoria relativității restrînse" nu trebuie impus elevilor, ci dimpotrivă aceștia conduși de profesor — trebuie să fie puși în situația de a-și construi instrumentele propriei lor perfecționări pentru a atinge obiectivele propuse :

A). *informaționale* :

— elevul să știe să enunțe corect principiile care stau la baza teoriei relativității restrînse ;

— elevul să știe regulile de derivare folosite (stabilind relația spațio-temporală ce presupune dezvoltarea cinematicii einsteiniene ca o geometrie cuadridimensională)*. Aici evidențiem caracterul interdisciplinar dintre fizică și matematică ;

— elevul să știe să deosebească caracterul absolut (invarianța) al conceptelor de : spațiu, timp, durată, simultaneitate, masă în cadrul mecanicii clasice, de caracterul relativ al aceloraşi concepte în cadrul mecanicii relativiste (anexa I și III) ;

— elevul să știe să interpreteze consecințele grupului de transformări Lorentz-Einstein* (anexa III)

B). *metodologice* :

a). formarea teoriei : — elevul să cunoască diferite căi prin care se obțin faptele în știință (anexa II) ;

— elevul să organizeze (să găsească criterii de sistematizare) faptele obținute pe căi diferite (anexa II) ;

— elevul să cunoască ideile și principiile fundamentale care stau la baza unei teorii ;

— elevul trebuie să aibă capacitatea de generalizare, de abstractizare și idealizare și să formuleze principii generale în care legile de la care s-a plecat constituie cazuri particulare* (anexa III) ;

Scanned with OKEN Scanner

— elevul să cunoască sistemul de simboluri matematice (conjuncție, disjuncție, implicație, echivalență, negație — simboluri ale operațiilor logice folosite în raționamente în calculul propozițiilor) folosite în cadrul teoriei;

— să cunoască principalele fenomene explicate de o teorie;

b). utilizarea teoriei: — să facă deosebirea între descrierea unui fenomen și explicarea lui;

— să poată distinge momentul trecerii, în procesul cunoașterii de la raționamente inductive la cele deductive.**;

— să analizeze un fenomen din punctul de vedere al unei teorii **;

— să interpreteze o lege respectiv o relație (relațiile ce exprimă contracția lungimilor, dilatarea timpului, compunerea vitezelor în mecanica relativistă, variația relativistă a masei cu viteza, formula lui Einstein etc.)* (anexa III);

— să nu extrapoleze concluziile unei teorii la alt nivel de organizare al materiei decît la cel care a fost dedusă;

— să emită o ipoteză pe baza unei teorii (ex. spațiul, timpul, durata, simultaneitatea, masa sînt relative, adică depind de S.R.I. (anexa III);

— să elaboreze planul unui experiment pentru verificarea unei ipoteze teoretice (drept modelîn cadrul teoriei relativității restrînse îl constituie experimentele lui Michelson și Morley bazate pe fenomenul de interferență, cît și al lui Fizeau — care au condus la ideea revizuirii noțiunii de timp și spațiu absolut și odată cu aceasta a întregii mecanici clasice;

— să stabilească justețea ipotezei din confruntarea concluziilor experimentale (ex. să sesizeze contradicția dintre rezultatele experimentale și concepțiile mecanicii clasice punînd sub semnul întrebării valabilitatea ipotezelor teoretice: mișcarea absolută a Pămîntului față de eter — considerat ca referențial absolut și relația de compunere a vitezelor din mecanica clasică (anexa II);

c). conflictul în interiorul unei teorii: — să sesizeze momentul apariției conflictului în cadrul teoriei (anexa II);

— să cunoască limitele de valabilitate ale unei teorii (ex. pentru $v \ll c$ — grupul de transformări Lorentz-Einstein devine grupul de transformări Galilei care stă la baza teoriei mecanicii clasice);

— să arate prin ce mijloace s-a încercat înlăturarea conflictului;

— să recunoască experimentul crucial care a decis în favoarea unei teorii (pentru teoria relativității restrînse „experiența negativă a lui Michelson și Morley);

să explice un fenomen prin mai multe teorii **;

— să încadreze teoria veche în cea nouă conform principiului de corespondență (mecanica clasică devine un caz particular al mecanicii relativiste);

— Din punct de vedere metodologic etapizarea formării conceptului de teorie se identifică cu părțile structurale ale teoriei.

Scanned with OKEN Scanner

A). Partea axiomatică — constituită din cele două principii enunţate de Einstein în 1905. În construirea părţii axiomatice se ţine seama de faptul că principiul exprimă un adevăr nedemonstrat matematic (idee de bază pe care se întemeiază o teorie) care este stabilit pe cale inductivă pe baza generalizării unui mare număr de date experimentale, adevăr care nu a fost contrazis de nici-o experienţă ulterioară.

B). Regulile de derivare — exprimă formalismul matematic folosit: spaţiul euclidian tridimensional devine în cadrul teoriei relativităţii restrînse un spaţiu cuadridimensional (Minkovskian), coordonata temporală este legată de coordonata spaţială definind astfel timpul propriu al fiecărui sistem de referinţă inerţial (anexa III), respectiv timpul local.

C). Partea derivată — constituită din relaţiile matematice ce exprimă grupul de transformări Lorentz-Einstein, regula de compunere a vitezelor în mecanica relativistă, variaţia relativistă a masei cu viteza, relaţia de interdependenţă dintre energie şi masă — formula lui Einstein — relaţia dintre energie şi impulsul relativist.

De altfel, conceptul de teorie şi l-au însuşit elevii în mod treptat şi din ce în ce mai pronunţat cu prilejul teoriei cinetico-moleculare studiului termodinamicii, teoriei electromagnetismului, teoriei ondulatorii şi corpusculare (în vederea explicării fenomenelor luminoase: interferenţă, difracţie, polarizare, dar şi a efectului fotoelectric, efectului Compton, etc.), aşa încît obiectivele propuse de profesor pentru formarea conceptului de teorie a relativităţii restrînse se înmulţesc în această etapă creind condiţii ca acest concept să devină operant (să îmbogăţească sistemul de cunoştinţe al elevului. Pe baza relaţiilor de transformare Lorentz-Einstein se evidenţiază faptul că spaţiul şi timpul nu pot fi concepute ca 2 entităţi independente, ci ele constituie o singură multiplicitate spaţio-temporală. (vezi anexele I, II, III).

Mecanica newtoniană şi electrodinamica. Deoarece din principiul relativităţii mecanicii newtoniene rezultă că fenomenele mecanice nu permit existenţa acelui reper absolut căutat cu asiduitate de fizicienii secolului XVIII şi XIX în sensul că spaţiul absolut scapă investigaţiilor experimentale ale mecanicii, se impune căutarea altor fenomene fizice observabile experimental care să pună în evidenţă mişcarea absolută. Pentru aceasta s-a făcut apel la fenomenele luminoase, respectiv electromagnetice. Lumina fiind de natură ondulatorie, s-a admis că propagarea ei trebuie să se facă într-un mediu elastic cu anumite proprietăţi care a fost denumit *eter*. Acest mediu (eterul) trebuia să umple întreg spaţiul, vid sau substanţă, el însuşi neproducînd nici un efect dinamic. Existenţa unui eter imobil, în repaus, repunea în discuţie principiul relativităţii din mecanica newtoniană întrucît propagarea luminii ar putea fi raportată la eter, iar sistemul de referinţă în care eterul este în repaus să devină preferenţial, fiind unic. Dacă lumina şi deci fenomenele electromagnetice, ar admite un sistem de referinţă preferenţial, cel în care lumina se propagă cu viteza c, corespunzătoare vidului în totală contradicţie cu fenomenele mecanice care sînt invariante în toate SRI şi deci nu admit un SRI preferenţial, impunea o reconsiderare a însuşi principiului relativităţii newto-

Scanned with OKEN Scanner

Fapte experimentale (stabilirea de relații)	Concluzii parțiale	Concluzii generale	Ipoteze (principii)
1	2	3	4
I. Relativitatea mișcării	— Nu se poate vorbi despre viteza absolută a unui corp.	Un corp are la un moment dat mai multe viteze relative, fiecare viteză fiind dependentă de S.R.I la care raportăm mișcarea corpului.	Existența S.R.I. inerțiale relative (S.R.I. aflate în repaus relativ sau în mișcare rectilinie uniformă) — Variația vitezei este independentă de referențialul ales.
a). Relațiile de transformare ale lui Galilei (în cazul mișcării uniforme unidirecționale') (1) $x' = x - v \cdot t \quad x = x' + v \cdot t'$ $y' = y \quad y = y'$ $z' = z \quad z = z'$ $t' = t \quad t = t'$	Un fenomen localizat în spațiu și timp se numește eveniment și este determinat prin cele 3 coordonate de poziție spațiale, cît și printr-o coordonată temporală. Relațiile de transformare Galilei sînt stabilite luînd în considerare *existența timpului absolut*-adică admițînd că scurgerea acestuia este aceiași în raport cu toate S.R.I.	Grupul relațiilor (1) permit localizarea în spațiu și timp a unui eveniment în raport cu unul din cele două sisteme de referință utilizate (S fix) cînd se cunoaște localizarea în spațiu și timp în raport cu celălalt sistem (S′ mobil) și reciproc.	
b) Regula de compunere a vitezelor în mecanica clasică (2) $\vec{v_a} = \vec{v_t} + \vec{v_r}$ unde $x = v_a \cdot t$ (3) $t = t' \rightarrow x' = v_r \cdot t$ $\vec{v_a}$ — vireza absolută (viteza mobilului față de SRI considerat fix. $\vec{v_t}$ — viteza de transport (viteza lui S′ mobil față de S fix) $\vec{v_r}$ — viteza relativă (viteza mobilului față de S′. (4) $\frac{d\vec{v_a}}{dt} = \frac{d\vec{v_t}}{dt} + \frac{d\vec{v_r}}{dt} \rightarrow$ $\rightarrow \vec{a_a} = \vec{a_t} + \vec{a_r}$	Ecuția mișcării dată de relațiile (3) are aceeași formă în cele 2 sisteme SRI, cu condiția ca mișcarea sistemului S′ să fie o mișcare rectilinie și uniformă. În cele 2 relații viteza are valori diferite dar forma ecuației (legii) este aceeași.	Viteza nu este un invariant.	

Scanned with OKEN Scanner

1	2	3	4
În cazul particular în care sistemul S′ se mișcă rectiliniu și uniform $\frac{d\vec{v}_i}{dt} = 0 \Rightarrow \vec{a} = \vec{a}'$ Prin multiplicare cu m se obține relația : $m \cdot \vec{a}_a = m \cdot \vec{a}_r$; $\vec{F}_a = \vec{F}_r$	— Accelerațiile, respectiv forțele care le determină, rămîn aceleași (sînt invariante).	Există o infinitate de sisteme de referință inerțiale pentru care *legile mecanicii sînt invariante* la transformările Galilei.	*Principiul relativității în mecanică clasică* (principiul invarianței galileene) : legile mecanicii au aceeași formă în raport cu orice S.R.I. sau toate sistemele S.R.I sînt echivalente în raport cu legile mecanicii.
— Stabilirea relației dintre l și l' ale lungimii (de ex. a unei bare) știind că extremitățile ei sînt observate în fiecare moment de către fiecare din cei 2 observatori din sistemul S respectiv S'. $l' = x_2' - x_1'$ ținînd seama de grupul transformărilor Galilei, $l = x_2 - x_1$	— Lungimea statică este egală cu lungimea cinematică (lungimea unei bare măsurată de un observator în repaus față de ea prezintă aceeași valoare și în cazul în care observatorul se mișcă față de bară rectiliniu și uniform pe direcția ei)	Față de S.R.I. lungimea este un invariant	
$x_2' = x_2 - v \cdot t.$ și $x_1' = x_1 - v \cdot t.$ $x_2' - x_1' = x_2 - x_1$; $l' = l$ $t' = t$	S-a admis timpul absolut.	Timpul este un invariant în mecanica clasică.	
— Simultaneitatea a două evenimente în mecanica clasică	Datorită invarianței timpului în raport cu orice SRI utilizat în mecanică clasică $t_2 - t_1 = t_2' - t_2' = 0$ Două evenimente simultane într-un S.R.I. sînt simultane în oricare S.R.I.	Simultaneitatea a două evenimente este absolută (invariant* pentru toate SRI în mecanica clasică)	

* obs. Datorită caracterului absolut al timpului, în cazul particular a două evenimente care nu sînt simultane $\Delta t = (t_2 - t_1) \neq 0$, durata lor rămîne invariantă în cele două S.R.I, iar *distanța în spațiu nu mai este invariantă* întrucît relațiile $x_2 - x_1 = x_2' - x_1' + v(t_2' - t_1')$ și $x_2' - x_1' = x_2 - x_1 - v(t_2 - t_1)$ nu se mai reduc la relația $x_2' - x_1' = x_2 - x_1 \to d = d'$, ceea ce implică o dependență a distanței în spațiu a celor două evenimente și de durata lor în timp. Pentru acest caz particular chiar în cadrul mecanicii clasice — newtoniene — apare o deosebire între cele două forme de existență ale materiei : spațiul și timpul întrucît alături de caracterul absolut, de invarianță al timpului, spațiul capătă un caracter relativ de dependență de durata evenimentelor cînd se trece de la un SRI la altul.

Scanned with OKEN Scanner

Fapte experimentale	Concluzii parțiale	Concluzii generale	Principii
1	2	3	4
II-1-Experiența lui Fizeau (în 1851)	Verifică experimental teoria lui Fresnel conform căreia eterul este parțial antrenat de mediul transparent (apa) prin care se propagă lumina, aflat în mișcare, arătînd că la viteza luminii se adaugă sau se scade — după cum corpul se mișcă în același sens sau în sens invers — nu viteza corpului ci o fracțiune din aceasta obținută prin înmulțire cu un factor subunitar $\alpha = 1 - \frac{1}{n^2}$ (n — indice de refracție) numit coeficientul de antrenare.	Mediul cu $n=1$, deci cu $\alpha=0$ nu trebuie să antreneze eterul (mediul ipotetic) și deci teoria lui Hertz care considera că eterul este antrenat total de corpurile în mișcare ($\alpha=1$) trebuie lăsată la o parte.	
-2.-„Experiența negativă a lui Michelson și Morley (1887)	Prin experiențe de optică bazate pe interferența luminii, nu se obține nici o deplasare a franjelor de interferență, ducînd la informarea existenței „vîntului eteric" și deci a unui reper în raport cu care să se poată determina mișcarea absolută.	Nu există un S.R.I. absolut în raport cu care să se poată determina mișcarea absolută.	Rezultatul negativ al experienței lui Michelson a condus la ideea revizuirii noțiunii de timp și spațiu absolut și odată cu aceasta a întregii mecanici clasice. Dacă nu există „vînt eteric" înseamnă că nu există nici eter.

Scanned with OKEN Scanner

Anexa II (continuare)

1	2	3	4
— Fenomenul aberației stelelor. 1904—1905 repetarea experienței Michelson. 1926 — Kennedy 1927 — Ilingworth 1930 — Joos — Ipoteza lui Fitzgerald și Lorentz — Ipoteza contracției dimensiunii corpului pe direcția mișcării față de dimensiunea avută în repaus $\frac{l'}{l} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ și concomitent cu procesul de contracție admite o dilatare a timpului, duratele urmînd a fi multiplicate cu factorul $\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	— Aceleași concluzii ca la experimentul lui Fizeau. * — Experimentul lui Michelson a constituit experimentul crucial care a decis în favoarea teoriei relativității creată de Einstein în 1905. — Pe baza ipotezei sale Lorentz a creiat un grup nou de relații de transformare privind trecerea de la un S.R.I. la altul care să înlocuiască relațiile de transformare Galilei avînd o sferă de aplicabilitate mai mare, însumînd și fenomenele electromagnetice.	În toate cazurile s-a obținut același rezultat negativ adică totul se petrece ca și cum Pămîntul ar fi imobil sau mișcarea sa indetectabilă, infirmîndu-se astfel existența eterului. Lorentz, deși datorită relațiilor de transformare a fost foarte aproape de enunțarea principiului relativității restrînse n-a reușit să sesizeze esențialul privind rezultatul negativ al experienței Michelson.	Rezultatul final al tuturor cercetărilor în această direcție a dus la concluzia că viteza luminii în vid nu depinde de starea de mișcare a sistemului în care se fac determinările și că nu se poate pune în evidență mișcarea absolută, nu există un sistem de referință absolut.

Scanned with OKEN Scanner

Principiile teoriei relativității restrînse.	Consecințe	Interpretări
1	2	3
III—1. — Primul principiu (Principiul relativității restrînse) : legile fenomenelor fizice au aceiași formă în toate sistemele inerțiale sincronizate cuplat, *** sau toate S.R.I. sînt echivalente în raport cu legile fizicii.		Primul principiu al relativității restrînse afirmă invarianța tuturor legilor fizicii în raport cu orice SRI.
-2-Al doilea principiu (principiul constantei vitezei luminii în vid) : viteza luminii în vid este o constantă universală, ea nu depinde nici de sistemul de referință la care se raportează unda luminoasă, nici de direcția în care se propagă.		Invarianța vitezei luminii.
Cele două-principii conduc la grupul de transformări Lorentz-Einstein *. $x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ sau $x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ $y = y' \qquad y' = y$ $z = z' \qquad z' = z$ $t = \frac{t' + \frac{v}{c^2} \cdot x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$; $t' = \frac{t - \frac{v}{c^2} \cdot x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	a). Contracția lungimilor $l = x_2 - x_1$ și $l' = x'_2 - x'_1$ Ținînd seama de grupul de transformări Lorentz-Einstein se obține : $x_2 - x_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} [(x'_2 - x'_1) + v(t'_2 - t'_1)]$ $t'_2 = t'_1$ $l' < l$; lungimea cinematică < lungimea statică. Dacă bara s-ar afla în sistemul mobil S′ și lungimea ei ar fi determinată de 2 observatori, dintre care unul în sistem mobil S′,	Relațiile de transformare Lorentz Einstein se deosebesc de relațiile de transformare Galilei prin aceea că din relațiile L, E. rezultă existența unui timp propriu (timp local), specific fiecărui SRI ceea ce implică o nouă concepție despre spațiu și timp-concepția relativistă. Spațiul și timpul nu pot fi concepute ca două entități independente, fără legătură între ele, constituie o singură multiplicitate spațio-temporală. Pentru observatorul în mișcare lungimea barei apare mai mică, adică bara se contractă. Lungimea este relativă, valoarea ei depinzînd de sistemul de referință în raport cu care este determinată.

Scanned with OKEN Scanner

1	2	3
	unde s-ar afla bara, și celălalt în sistemul S în raport cu care bara se mișcă uniform rectiliniu, se obține o relație reciprocă. $l' > l$; $l' = \alpha l$ unde $\alpha = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$. → lungimea cinematică < lungimea statică Lungimea barei are valoarea cea mai mare pentru observatorul plasat în sistemul în care se află și bara, denumit sistem propriu, lungimea apare mai mică, deci se contractă — pentru observatorul în raport cu care se găsește în mișcare. b). Dilatarea timpului : $\Delta t > \Delta t'$ durata cinematică este mai mare decît durata statică. Dacă fenomenul este localizat în S′ durata $\Delta t'$ este statică deoarece este măsurată de observatorul în repaus față de sistemul în care se produce fenomenul iar Δt = durată cinematică deoarece este măsurată de un observator în mișcare față de sistemul în care are loc fenomenul respectiv III-a). $\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ cînd evenimentul are loc în S′.	Din compararea lungimii cinematice cu lungimea statică se poate obține numai viteza v a unui sistem față de celălalt. *Obs.* Numai lungimea pe direcția mișcării se contractă. Conform concepției relativiste procesul de contracție ce apare nu este determinat de acțiunea vreunei forțe ci depinde în mod obiectiv de sistemul unde se fac măsurătorile. Relațiile III-a și III-b sînt reciproce, deci în perfect acord cu principiul relativității, conform căruia nici un fel de măsură sau experiență fizică nu pot distinge 2 referențiale galileene în mișcare unul față de altul.

Scanned with OKEN Scanner

1	2	3
	III-b). $\Delta t' = \dfrac{\Delta t}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$ cînd evenimentul are loc în S. $\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}} < 1$ c). Relativitatea simultaneităţii Fie 2 evenimente care au loc în acelaşi timp, deci $t_1 = t_2$, în 2 puncte diferite x_1 şi x_2 ale unui sistem inerţial S. Pentru orice observator dintr-un alt sistem inerţial S′, în mişcare în raport cu sistemul inerţial S în care au loc evenimentele, timpii corespunzători producerii evenimentelor, conf. rel. de transf. Lorentz-Einstein vor avea valorile : $t_1' = \dfrac{t_1 - \dfrac{v}{c^2}\cdot x_1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$ şi $t_2' = \dfrac{t_2 - \dfrac{v}{c^2} x_2}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$ $\Delta t' = t_2' - t_1' =$ $= \dfrac{t_2 - t_1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}} - \dfrac{v}{c^2}\dfrac{x_2 - x_1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}} \neq 0,$ deşi $\Delta t = 0$ şi aceasta întrucît $(x_2 - x_1) \neq 0$.	Două evenimente simultane, dar distanţate în spaţiu ce se produc într-un anumit sistem inerţial, nu mai sînt simultane în raport cu orice alt sistem inerţial în mişcare decît numai dacă evenimentele se petrec în acelaşi punct al sistemului S.

1	2	3
	d). Cauzalitatea în teoria relativității restrînse.	Legăturile cauzale se mențin cu toată relativitatea simultaneității. *Obs.* În teoria relativității ordonarea în timp a două evenimente este, în general, relativă depinzînd de sistemul de referință, iar legătura cauzală dintre cauză și efect implică ordonarea absolută în timp.
	e) Intervalul în spațiu-timp analog distanței din mecanica clasică : $c^2t^2 - x^2 - y^2 - z^2 = c^2t'^2 - x'^2 - y'^2 - z'^2$ este invariantul de bază al teoriei relativității	
	f). CINEMATICA RELATIVISTĂ Compunerea vitezelor : $\vec{v_a} = \frac{\vec{v_t} + \vec{v_r}}{1 + \frac{\vec{v_t} \cdot \vec{v_r}}{c^2}}$ sau $\vec{v_r} = \frac{\vec{v_a} - \vec{v_t}}{1 - \frac{\vec{v_a} \cdot \vec{v_t}}{c^2}}$ $\vec{v_a}$ — viteza absolută (viteza mobilului față de sistemul considerat fix) $\vec{v_t}$ — viteza de transport (viteza S.R.I. mobil S′ față de S.R.I. fix S $\vec{v_r}$ — viteza relativă (viteza mobilului față de S′). — Compunerea accelerațiilor implică nu numai transformarea componentelor acestora ci și componente ale vitezei.	Viteza luminii „c" este viteza limită superioară a tuturor vitezelor posibile Accelerația nu este invariantă la transformările Lorentz-Einstein.
	g). DINAMICA RELATIVISTĂ — Variația relativistă a masei cu viteza. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\alpha}$ m_0 — masa de repaus a corpului m — masa de mișcare a corpului	Masa este o mărime relativă, dependentă de viteza v a corpului.

1	2	3
	— Impulsul relativist : $\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ — Principiul al 2-lea al dinamicii : $\frac{d}{dt}\left[\frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\right] = \vec{F}$ — Relaţia relativistă dintre masă şi energie $\Delta E = \Delta m c^2$ (formula lui Einstein) folosită în special în fizica nucleară în bilanţul energetic. — Relaţia dintre impulsul relativist şi energie : $E^2 = c^2 p^2 + m_0^2 \cdot c^4$ (Cînd particula este în repaus $p = 0 \Rightarrow E = m_0 \cdot c^2$.	Deosebirea dintre impulsul relativist şi cel nerelativist apare ca o consecinţă a timpului propriu. Legile mecanicii puse sub formă invariantă în raport cu transformările Lorentz-Einstein devin legi ale mecanicii relativiste Formula lui Einstein arată că masa şi energia sînt 2 mărimi fizice interdependentecare se referă la 2 proprietăţi diferite ale materiei : masa este mărimea care caracterizează proprietăţile inerţiale ale corpului, iar energia este legată de starea de mişcare a materiei în toate transformările ei. Formula lui Einstein exprimă un proces de transformare, dar nu a materiei în energie, ci a materiei dintr-o stare în alta şi anume : transformarea stării ponderale în stare radiantă şi invers, adică a substanţei în cîmp. Variaţia masei unui sistem material poate avea loc un numai pe baza schimbului de substanţă (atomi, molecule) cu corpurile exterioare ci şi pe baza schimbului de energie şi reciproc : variaţia energiei unui sistem material poate avea loc nu numai pe baza schimbului de energie cu corpurile exterioare ci şi pe baza schimbului de substanţă****. Formula lui Einstein permite să aflăm echivalentul masic al unităţii de energie (Joule) şi echivalentul energetic al unităţii de masă (kg). Dacă punem $E = 1$ J, $c = 3 \cdot 10^8$ m/s $m = \frac{E}{c^2} = 1{,}1 \cdot 10^{-17}$ kg. Dacă $m =$ J kg, $E = 9 \cdot 10^{16}$ J. Echivalentul masic al caloriei (unitate tolerată de căldură) se poate afla ştiind că echivalentul energetic al caloriei este 1 cal = 4,18J = 4,18.1,1. $\cdot 10^{-17}$ kg = 4,6 $\cdot 10^{-17}$ kg.

niene, respectiv a relaţiilor de transformare ale lui Galilei în sensul de a stabili dacă principiul relativităţii existent în mecanică este valabil şi în electrodinamică — şi în acest caz se impunea modificarea ecuaţiei lui Maxwell sau există un principiu al relativităţii comun mecanicii şi electrodinamicii care nu se supune relaţiilor de transformare ale lui Galilei şi în acest caz considerînd exacte ecuaţiile lui Maxwell să fie modificate legile mecanicii pe baza unor noi relaţii de transformare.

Spre a verifica această ipoteză, adică a da un răspuns corect acestor probleme se cerea în primul rînd confirmarea pe bază de experienţă a existenţei eterului şi a antfenării parţiale sau neantrenării acestuia de către corpurile materiale în mişcare. La viteze foarte mari $v \ll c$ s-a constatat diferenţe între formele de exprimare ale legii unui fenomen fizic. Această neconcordanţă a condus la analiza invarianţei galileene şi a descoperirii invarianţei einsteiniene, aplicabilă la viteze apropiate de viteza luminii.

Cel care a intuit corect deficienţele mecanicii clasice bazate pe relaţiile de transformare ale lui Galilei a fost Einstein care în 1905, renunţînd la noţiunea de eter şi spaţiu absolut, a pus bazele unei noi mecanici denumită *mecanica relativistă* pe baza a două principii numite *principiile relativităţii restrînse*, a atacat cu îndrăzneală filozofia unanim recunoscută a lui Newton, conceptele tradiţionale de spaţiu şi timp, arătînd că acestea sînt noţiuni relative, legate între ele, şi legate de materia în mişcare.

Profesorul insistă, prin exemple şi asupra verificării formulei lui Einstein, elevul sesizînd deplina concordanţă între valoarea teoretică a energiei de legătură ΔE (care corespunde defectului de masă Δm) şi valoarea experimentală, ex. în reacţia nucleară ${}^{7}_{3}\mathrm{Li} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} = 2\,{}^{4}_{2}\mathrm{He} + \Delta E$ sau cu ajutorul radiaţiei: $\gamma \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{+1}e$, masa radiantă a fotonului capabilă să dea naştere perechii electron.pozitron, este potrivit formule lui Einstein $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2} = \frac{1\mathrm{MeV}}{c^2} = \frac{1{,}6 \cdot 10^{-13}}{9 \cdot 10^{16}} = 18 \cdot 10^{-31}$ kg. Această masă fotonică se distribuie în mod egal electronului şi pozitronului, astfel că masa acestor particule trebuie să fie $m_0 = \frac{18 \cdot 10^{-31}}{2} = 9 \cdot 10^{-31}$ kg, rezultat în excelentă concordanţă cu valoarea cunoscută a masei electronului, respectiv pozitronului.

Obs. Se ştie că principiile fizicii sînt adevăruri generale — propoziţii prelucrate de către gîndirea umană pe baza faptelor şi evenimentelor observabile, se admit fără demonstraţie, ele nu se explică raţional şi numai se justifică experimental. Astfel, nici un fizician nu se întreabă de ce energia internă a unui sistem izolat se conservă în decursul transformărilor (principiul conservării energiei) sau de ce sistemele de electroni se găsesc în natură numai pe stări descrise de funcţii de undă antisimetrice (principiul lui Pauli). Astfel de întrebări nu se pun, dar nici nu sînt interzise.***

Elevul vede cum în anumite cazuri oamenii de ştiinţă caută să cerceteze fondul principiilor fizice, reuşind să obţină rezultate importante. Aşa s-a întîmplat cu principiul creşterii entropiei în termodinamică, prin

care se postulează că entropia unui sistem izolat crește în decursul transformărilor ireversibile. Boltzmann nu s-a mulțumit cu acest enunț și a căutat să vadă de ce entropia crește în astfel de cazuri, ceea ce i-a dezvăluit caracterul statistic al acestui principiu termodinamic. În mod analog, cercetînd valabilitatea principiului relativității, Einstein a descoperit proprietăți surprinzătoare ale spațiului și ale cîmpului gravitațional.***

Teoria relativității generalizate formulată în 1908—1916 cuprinde și fenomenele gravitaționale și nu impune nici o strictețe sistemelor de referință. În cadrul acestei teorii forma generală a legilor fizicii este invariantă la trecerea de la un sistem de referință la altul care, în raport cu primul, se află în mișcare accelerată. Potrivit acestor considerații mișcarea unui corp într-un sistem de referință accelerat este echivalentă cu mișcarea lui într-un cîmp gravitațional; astfel s-a putut explica egalitatea dintre masa inertă și masa gravitațională, problemă pe care mecanica clasică nu a putut-o elucida. Teoria a obținut o serie de rezultate remarcabile privind interacția corpurilor și a cîmpurilor. O confirmare a sa a constituit-o constatarea devierii razelor de lumină în apropierea maselor mari, observată în apropierea Soarelui cu ocazia eclipsei din 1919.

Teoria relativității a fost verificată practic prin: avansul continuu al periheliului planetei Mercur, curbarea razei de lumină ale aștrilor în vecinătatea Soarelui, deplasarea spre roșu a liniilor spectrale emise de o masă gravifică mare, creșterea masei particulelor rapide în acceleratoare, creșterea timpului de viață al mezonilor rapizi în raport cu cel al mezonilor lenți etc.

Abordînd o metodică adecvată formării conceptului de teorie contribium la dezvoltarea capacității de transfer al instrumentului matematic și al metodei de investigare, de a face ipoteze, de a lua atitudine față de știință, oferindu-i elevului posibilitatea înțelegerii că știința fizicii este un sistem deschis, îi va permite să integreze oricînd o informație nouă într-un sistem de cunoștințe, contribuind astfel la formarea unor structuri mintale, a unor abilități și calități complexe ale personalității sale.

Dirijați permanent de profesor elevii își însușesc conceptul de teorie și mai mult, metodologia de învățare, ceea ce le oferă posibilitatea să construiască în mod conștient teoria, iar stabilirea pe cale geometrică a grupului de transformări care stă la baza teoriei și mai ales interpretarea geometrică a consecințelor care se desprind din transformările Lorentz-Einstein oferă un plus de înțelegere mai profundă, mai intuitivă, asigurînd trăinicie și optimism în procesul dobîndirii de noi cunoștințe.

BIBLIOGRAFIE

* — Interpretări geometrice în teoria relativității restrînse — *S. I. Georgescu.*
** — Elemente de fizică modernă — *Emil Luca.*
*** — Bazele fizice ale relativității einsteiniene — *N. Bărbulescu.*
**** — Fizica — nivel postliceal vol. I, *M. A. Oncescu*, ed. Did. Ped. București 1973.

Scanned with OKEN Scanner

MODELAREA ÎN STUDIUL HIDROCARBURILOR AROMATICE

Prof. *M. BUCULEI* *, Brăila

Pornind de la considerentul că acţiunile cognitive îşi au izvorul în cele materiale, obiectuale, tehnicile de modelare aduc o contribuţie substanţială în procesul formării în etape a acţiunilor mintale necesare elaborării şi achiziţionării de noi cunoştinţe.

În acest context, studiul arenelor nici nu poate fi conceput fără a pune la îndemîna elevilor unele substituente (modele) prin intermediul cărora să îndeplinească o activitate materializată care să-i conducă în final la desprinderea corectă a esenţialului necesar formării conceptului de caracter aromatic.

Valorificînd informaţiile de chimie organică dobîndite de către elevi, profesorul dispune de multiple posibilităţi pentru a face trecerea logică la noile sisteme, cele aromatice, care se impun a fi cunoscute. O cale ar fi aceea prin care elevii sînt solicitaţi să rezolve o problemă destul de simplă, cunoscîndu-se procentele de masă ale elementelor componente (C şi H) găsite în urma analizei elementare cît şi densitatea vaporilor hidrocarburii în raport cu aerul. Prin calculul corespunzător elevii ajung la formula moleculară C_6H_6, precizîndu-se de către profesor că acesteia îi corespunde benzenul, cea mai simplă şi de bază hidrocarbură aromatică.

În continuare, profesorul conduce activitatea independentă a elevilor zentru găsirea formulei de structură (elaborată de către Kekulé încă în anul 1865) pornim de la următoarele informaţii:

— formula moleculară C_6H_6;

— prezenţa hibridizării sp^2 la cei şase atomi de carbon legaţi după o catenă închisă

— admiterea a trei legături duble conjugate în moleculă.

În baza elementelor cunoscute şi folosind materialul necesar din trusă, elevii reuşesc să reprezinte structural molecula de benzen conform prevederilor lui Kekulé din care rezultă planeitatea şi simetria trigonală a acesteia.

Dar, ca pentru orice compus, între structura elaborată şi proprietăţi elevii trebuie să găsească o deplină concordanţă. Astfel, devine necesară verificarea modelului propus, pe care elevii reuşesc s-o facă prin experimentul ce le este indcat în fişa de lucru şi anume: reacţia cu halogenii, reacţia cu acidul azotic, reacţia de oxidare.

Surprinzător apare însă pentru elevi comportamentul specific, contradictoriu al acestei hidrocarburi faţă de reactanţii folosiţi, în raport cu consideraţiile teoretice prevăzute conform structurii elaborate de Kekulé. Astfel benzenul dă foarte uşor produşi de substituţie, reacţii tipice sistemelor saturate şi numai în condiţii speciale produşi de adiţie. De asemenea, agenţii oxidanţi caracteristici pentru sistemele nesaturate (alchene) nu prezintă nici o acţiune asupra moleculei, aceasta manifestînd o mare stabilitate. La aceasta se mai adaugă şi observaţiile directe ale elevilor prin analiza fotografiei văzută la epidiascop ce reprezintă mole-

* Liceul Economic Ion Ghica

Scanned with OKEN Scanner

cula de benzen mărită de 175 000 000 de ori din care se poate deduce echivalenţa distanţelor dintre toţi atomii de carbon dat fiind simetria hexagonală regulată a moleculei. Cu atît mai mult, elevii îşi întregesc informaţiile structurale privind molecula de benzen prin căutarea posibilităţilor de izomerie la derivaţii disubstituiţi, luînd în consideraţie cele constatate mai sus, ajungînd astfel la observaţia că într-adevăr, conform şi datelor experimentale nu pot exista decît trei forme izomere posibile, poziţiile 1, 2 şi 1, 6 respectiv 1, 3 şi 1, 5 fiind echivalente între ele.

Înarmaţi cu aceste observaţii, activitatea elevilor va fi dirijată în continuare pentru elaborarea unui nou model structural care să corespundă cît mai corect cu datele experimentale. În acest sens profesorul prezintă elevilor spre a fi studiat modelul confecţionat prin mijloace proprii reprezentînd dispoziţia spaţială a orbitalelor atomice p din cadrul ciclului benzenic, orbitale ocupate fiecare cu cîte un electron π (pi).

Faptul că nucleul benzenic nu prezintă simetrie trigonală ci hexagonală, lucru dovedit şi prin măsurători, conduce pe elevi la concluzia că cei şase electroni π (pi) existenţi în orbitalele p pure, neimplicate în hibridizare sînt mai mobile şi altfel plasaţi între atomii de carbon (electroni delocalizaţi), legăturile stabilite prin intermediul unor asemenea electroni fiind deosebite de legăturile π (pi) întîlnite la alchene şi toate echivalente între ele (1,39 Å). Cele şase orbitale atomice p cu lobii dispuşi perpendicular pe planul ciclului, de o parte şi de alta, fuzionează formînd orbitale moleculare extinse, cel mai stabil dintre ei fiind cel care înglobează pe toţi cei şase atomi de carbon, distribuit uniform pe întreaga suprafaţă a ciclului benzenic de o parte şi de alta a sa.

Delocalizarea electronilor π (pi) conduce la aşa numitul sextet aromatic care conferă particularităţile structurale şi de comportament ale acestei hidrocarburi.

Aceste particularităţi structurale pot fi redate elevilor destul de convingător printr-un model (confecţionat din polistiren expandat) care să scoată în evidenţă modul de întrepătrundere a orbitalelor p, pe cele două zone, dispuse perpendicular pe planul legăturilor σ (sigma). În acest mod, apare limpede pentru elevi atît geometria cît şi marea stabilitate a moleculei de benzen.

Prin cercetarea acestui model şi dispunînd de materialul necesar din trusă, elevii sînt pregătiţi astfel pentru a trece la modelarea moleculei de benzen conform teoriei mecanico-cuantice. Se verifică astfel pe model că acest cuplaj de electroni π (pi), reprezintă o aşezare electronică deosebit de stabilă, fapt dovedit şi de greutatea cu care formează produşi de adiţie, caracterul nesaturat propriu orbitalelor p fiind mult atenuat din cauza conjugării continue a dublelor legături.

Existenţa delocalizării electronilor π (pi) din molecula benzenului este confirmată şi de energetica moleculei, aceasta fiind mai săracă în energie, deci mai stabilă decît molecula cu electroni τ (pi) localizaţi în trei duble legături conform strcturii Kekulé, legăturile chimice dintre atomii de carbon avînd un caracter intermediar legăturilor simple şi duble 50 % simple şi 50 % duble, ceea ce concordă perfect atît cu lungimea lor (1,39 Å) cît şi cu comportamentul chimic al moleculei.

Prezenţa sextetului aromatic şi deci a distribuţiei uniforme a densităţii electronice pe cei şase atomi de carbon ai ciclului benzenic este

Scanned with OKEN Scanner

verificată practic foarte bine de către elevi şi prin obţinerea, în toate cazurile, a unui singur derivat monosubstituit (un singur clorbenzen, brombenzen, nitrobenzen, toluen etc.). Acest lucru nu se mai constată în aceeaşi măsură la sistemele aromatice cu două sau mai multe nuclee benzenice condensate, cum este cazul naftalinei $C_{10}H_8$ la care se întîlnesc doi derivaţi monosubstituiţi α (alfa) şi β (beta), poziţia α (alfa) fiind mai reactivă.

Pentru modelarea structurii naftalinei elevii vor pleca de la modelul structural al benzenului la care vor mai adăuga patru sfere constatînd şi la acesta prezenţa caracterului aromatic. Adăugînd la modelul naftalinei încă patru sfere elevii ajung la structura moleculei de antracen. În acest caz se poate constata că cel de-al treilea ciclu nu mai poate participa la conjugarea continuă a întregului sistem, antracenul avînd de aceea un caracter pseudoaromatic. La fenantren, modelarea se va face ţinînd cont de faptul că aici condensarea are loc angular, ceea ce explică şi prezenţa caracterului aromatic pe cele trei cicluri, conjugarea electronilor π (pi) fiind continuă pe întreg perimetrul sistemului.

Aşadar, în elaborarea şi înţelegerea conceptului de caracter aromatic modelarea nu se foloseşte ca scop în sine ci ca necesitate, ca instrument de investigare a realităţii obiective. Indiferent că aceste modele sînt pregătite de profesor sau construite direct de către elevi merită subliniată participarea conştientă şi activă a elevilor în actul cunoaşterii, în procesul dobîndirii noilor cunoştinţe prin aceasta asigurîndu-se creşterea caracterului formativ al procesului de învăţămînt.

Prin organizarea şi desfăşurarea unor astfel de lecţii creşte interesul elevilor pentru studiul chimiei, îi mobilizează în mod conştient pentru activităţi intensive şi cu finalităţi cognitive, le dezvoltă capacităţile intelectuale, cu formarea unui mod propriu de gîndire şi acţiune. Informaţiile dobîndite în acest mod devin mult mai trainice şi cu certitudinea sigură de a şti la nevoie să opereze cu ele, factorul elev devenind un element al propriei sale formări; elevul construieşte modele conform datelor cunoscute, le analizează, stabileşte legături cauzale pentru elaborarea de noi noţiuni, într-un cuvînt se familiarizează şi înarmează cu tehnicile de lucru proprii activităţii ştiinţifice contemporane în plină ascensiune.

LISTA CU MATERIAL DIDACTIC
REALIZAT PRIN AUTODOTARE

1. — Modelul structural al moleculei de benzen
2. — Modelul reprezentînd dispoziţia spaţială a orbitalelor atomice p în ciclul benzenic
3. — Reţeaua cristalină a clorurii de sodiu]
4. — Reţeaua cristalină a grafitului
5. — Reţeaua cristalină a diamantului
6. — Modelarea procesului de dizolvare a substanţelor ionice şi a substanţelor cu molecule polare în apă

Scanned with OKEN Scanner

ABORDAREA TERMODINAMICII PRIN FOLOSIREA INTENSIVĂ A MIJLOACELOR VIZUALE

Prof. *CORNEL NICOARĂ**, Cîmpia Turzii

„Comunicarea prin imagine s-a introdus cu o forță și o amploare fără precedent. Reprezentarea vizuală invadează universul fiecăruia, oriunde pătrund formele vieții moderne. Imaginea este, începînd de acum, prezentă la diferite niveluri ale experienței culturale, fie ca vector de informare, fie ca instrument de investigație științifică, fie ca element de divertisment".[1]

În predarea termodinamicii am fost preocupat să găsesc un corespondent al fiecărei noțiuni, cu o imagine care să redea cît mai simplu și sugestiv, cunoștiințele predate în procesul predării, spre a le integra aceluiași scop al formării, gîndirii și inteligenței. Inteligența noastră, formată la școala realității și acțiunii materiale, chiar cînd operează cu abstracții, se sprijină pe imagini spațiale, din care se inspiră și se traduc rezultatele. Pentru ca elevul să înțeleagă fluxul de idei a profesorului, sensul argumentelor, nu e în general suficient să urmărească articulațiile logice ale expunerii. E necesar ca cel ce audiază să se plaseze din aceeași perspectivă, aceasta însemnează în primul rînd să-ți imaginezi lucrurile în modul în care le are ordonate și schițate profesorul.

Dacă însă e vorba de abstracții, de abstracții științifice mai ales, de raționamente teoretice, lucrurile sînt mai complicate. În acest caz gîndirea se sprijină pe imagini, mai mult sau mai puțin corecte, adeseori și acest fapt este esențial, fără deplina conștientizare a rolului lor în desfășurarea gîndirii noastre. Gîndind, încercăm să răspundem unor solicitări, să găsim soluția unor probleme de viață, a unor probleme tehnice sau științifice, noi încercăm procedee mai mult sau mai puțin inedite în situația dată.

Gîndirea este în mare parte o înlănțuire a experienței realizate mintal înainte de a poseda suficiente motive pentru a trece la o experimentare practică. În această acțiune de experimentare mintală imaginea joacă un rol esențial.

Gîndind, apelăm la cunoștințe și experiență anterioară, astfel că elaborăm imagini, schițe, dispozitive experimentale care să ne conducă spre scopul dorit.

Imaginile de care ne servim în cursul raționamentului sînt conturate mai întîi în imaginația noastră, apoi sînt transpuse pe hîrtie, în creion, pentru a fi dimensionate corespunzător, pentru a asigura o proporție între părți și a se încadra corespunzător în paginația materialului pregătit.

După mai multe încercări și retușări se trasează cu instrument în tuș, utilizînd linii de diverse grosimi pentru a delimita esențialul de secundar, pentru a scoate în evidență mișcarea, fluiditatea, care le permite inserarea în dinamica raționamentului, a experienței mintale. După ce s-a realizat, numărul de imagini optim pentru abordarea tematicii se fotografiază cu o tehnică adecvată, pe film document, de pe care se pot face reproduceri de diverse mărimi pentru echiparea materialului de bază și apoi filmul se decupează și se introduce în rame de diapozitive ca reintroduse

* Liceul Industrial

Scanned with OKEN Scanner

apoi în magazia aspectomatului să fie expuse logic și se însoțesc de explicații și formule specifice noțiunii predate.

În termodinamică facem frecvent apel, la incintă adiabatică, mașini termice, deși sugerate de faptele pe care le reprezintă — exprimă un grad mai înalt de schematizare, de purificare, de conceptualizare. În constituirea lor, în funcționarea lor în modul lor de îmbinare intervine conceptul însuși, care controlează caracteristicile. E vorba de imagini de care se servește mai ales gîndirea științifică. Astfel aceste descrieri, ajutate de ilustrații adecvate, fixează printr-o schematizare controlată logic, esențialul faptelor respective. Acest esențial este prescris de un cadru științific determinat. Procesul de esențializare al imaginii e extrem de important în dinamica raționamentului științific.

Imaginile brute ar îngreuna enorm desfășurarea experimentului mintal, încărcîndu-l cu un balast de detalii nesemnificative, inutile. Cu cît este mai pură imaginea, mai apropiată de concept, cu atît aportul ei este mai direct, mai eficace la desfășurarea raționamentului.

Pe aceste considerente, am elaborat și conceput anumite imagini, specifice termodinamicii, fiind inspirat după anumite publicații de specialitate și în mare parte de concepție proprie.

Imaginile sînt prezentate la momentul potrivit cu aspectomatul, cadru cu cadru, cu explicațiile corespunzătoare, și formule matematice ce se deduc din conținutul temei, astfel beneficiind de un timp se pot face precizări mai detaliate privind materialul transmis. Faptul că s-a perseverat și în abordarea problemelor de termodinamică să se urmeze același drum : imagine, raționament, formule, calcul numeric, a condus la rezolvarea sigură și corectă a lor, m-a convins de justețea evaluării cunoștințelor după această concepție.

PROCESE TERMODINAMICE — CONVENȚII DE SEMN

În studiul proceselor termodinamice e important să se adopte o convenție asupra semnului lucrului mecanic și a căldurii întrucît transferul acestor mărimi se poate face în ambele sensuri.

SISTEM TERMODINAMIC — MEDIU AMBIANT

SISTEMUL TERMODINAMIC

LUCRUL MECANIC — ARE SEMNUL POZITIV DACĂ E CEDAT DE SISTEM

LUCRUL MECANIC — ARE SEMNUL NEGATIV DACĂ E PRIMIT DE SISTEM

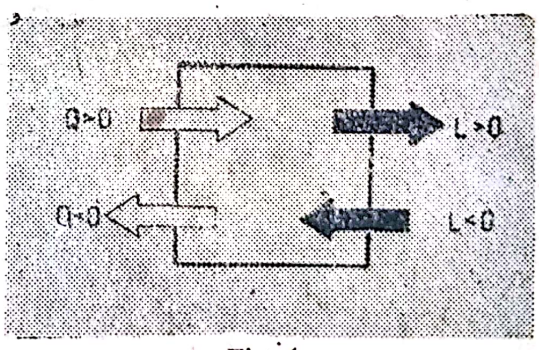


Fig. 1

CĂLDURA — ARE SEMNUL POZITIV DACĂ O PRIMEȘTE DIN EXTERIOR

CĂLDURA — ARE SEMNUL NEGATIV DACĂ O CEDEAZĂ CĂTRE EXTERIOR

Scanned with OKEN Scanner

PRINCIPIUL ÎNTÎI AL TERMODINAMICII

I CÎND UN SISTEM TERMODINAMIC SE AFLĂ SUB ACȚIUNEA FORȚEI EXTERIOARE ȘI TRECE DINTR-O STARE INIȚIALĂ ÎNTR-O STARE FINALĂ, ALUNCI VARIAȚIA ENERGIEI INTERNE ÎN ACEASTĂ TRANSFORMARE ESTE EGALĂ CU CĂLDURA PRIMITĂ DE SISTEM Q ȘI CU LUCRUL MECANIC L EFECTUAT ASUPRA ACESTUIA.

$$U_2 - U_1 = Q - L \qquad U_2 - U_1 = \Delta U$$

$$\boxed{U = Q - L}$$

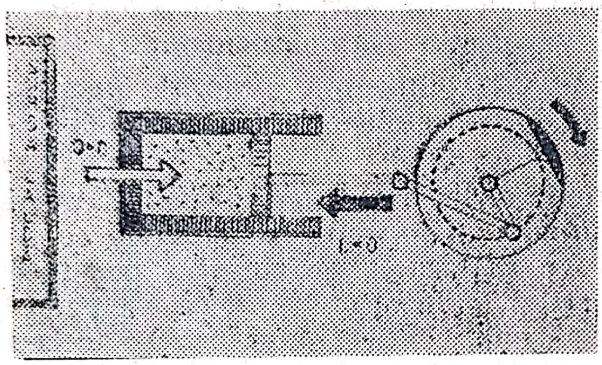


Fig. 2 Cilindru cu piston

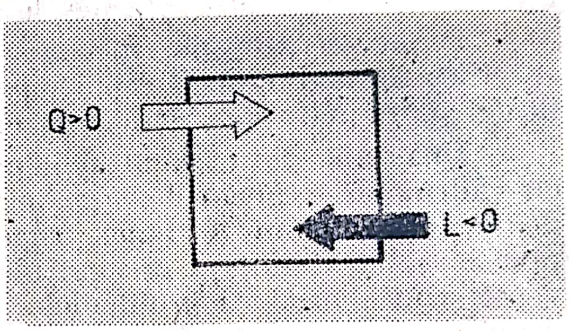


Fig. 3 Convenția de semn

II. CANTITATEA DE CĂLDURĂ TRANSMISĂ UNUI SISTEM TERMODINAMIC DETERMINĂ TRECEREA SISTEMULUI DIN STAREA INIȚIALĂ ÎN STAREA FINALĂ, DECI VARIAȚIA ENERGIEI INTERNE ȘI EFECTUAREA UNUI LUCRU MECANIC CĂTRE CORPURILE EXTERIOARE.

$$Q = U_2 - U_1 + L \qquad \Delta U = U_2 - U_1$$

$$\boxed{Q = U + L}$$

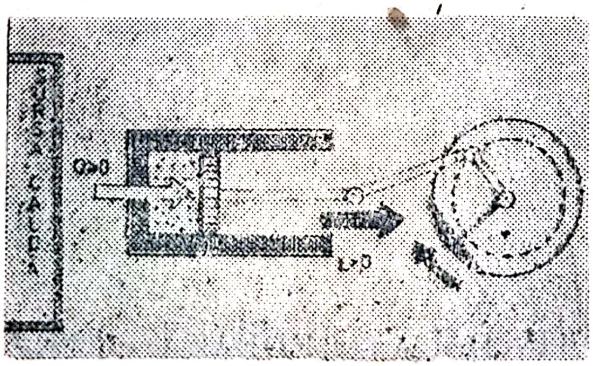


Fig. 4. Cilindru cu piston

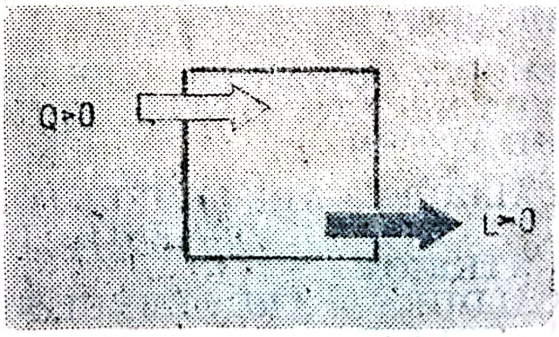


Fig. 5. Convenția de semn.

PROCES IZOTERM.

Presupune realizarea unui schimb de căldură foarte intens între agent şi mediul exterior, astfel încît în cursul acestui proces temperatura să rămînă constantă. Pentru două stări de echilibru 1 şi 2 în care are loc transformarea izotermă se respectă legea Boyle — Mariotte.

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

Relaţia reprezintă din punct de vedere geometric într-un sistem de coordonate Clapeyron $(p \cdot V)$ o hiperbolă.

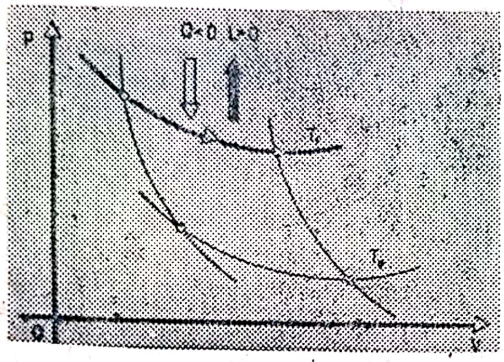


Fig. 6 Destindere izotermă

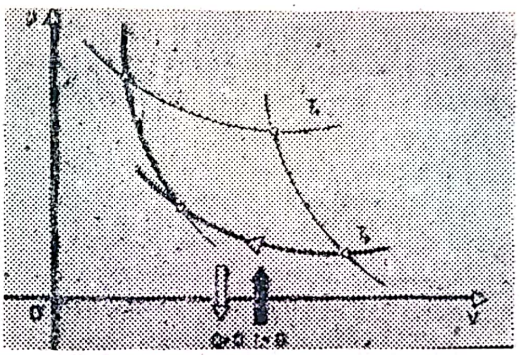


Fig. 7 Comprimare izotermă

PRINCIPIUL I AL TERMODINAMICII

Procesul izoterm se caracterizează în cazul gazelor ideale prin $T = \text{const.}$ şi $\Delta U = \text{const.}$

$$U_2 = U_1 \quad \text{deci} \quad U_2 - U_1 = 0$$

deci:

$$\boxed{Q = L + \Delta U}$$

$$\boxed{Q = L}$$

Dacă considerăm un sistem termodinamic şi analizăm cum evoluează cele trei mărimi: căldura, lucrul mecanic, energia internă, trasăm bilanţul energetic al procesului.

ENERGIA INTERNĂ

$T = \text{const.}$ $\Delta U = \text{const.}$

Destinderea izotermă $Q = L$

Comprimarea izotermă $-Q = -L$

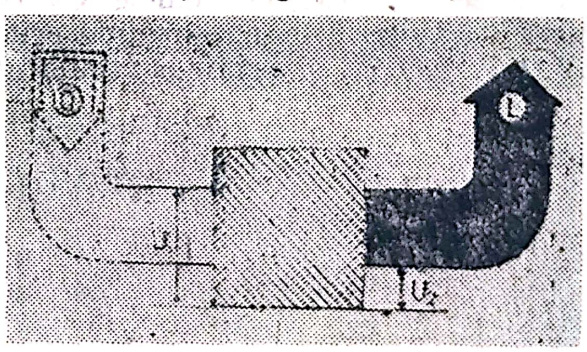


Fig. 8. Bilanţul energetic

Deci pentru menţinerea TEMPERATURII şi ENERGIEI INTERNE constante sistemul termodinamic trebuie să:

ABSOARBĂ CĂLDURĂ dacă se efectuează LUCRU MECANIC spre exterior.

CEDEAZĂ CĂLDURĂ dacă se efectuează LUCRU MECANIC asupra sa.

LUCRUL MECANIC

Destinderea izotermă $L = R \cdot T \ln \frac{V_1}{V_2}$; $L = p_1 \cdot V_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$

Comprimarea izotermă $L = -R \cdot T \ln \frac{V_2}{V_1}$; $L = -p_1 \cdot V_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$

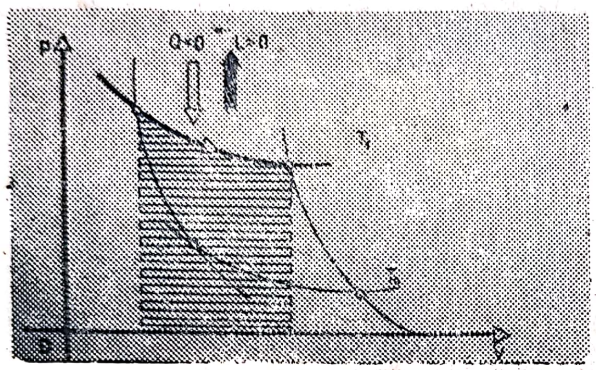


Fig. 9. L. M. destinderea izotermă

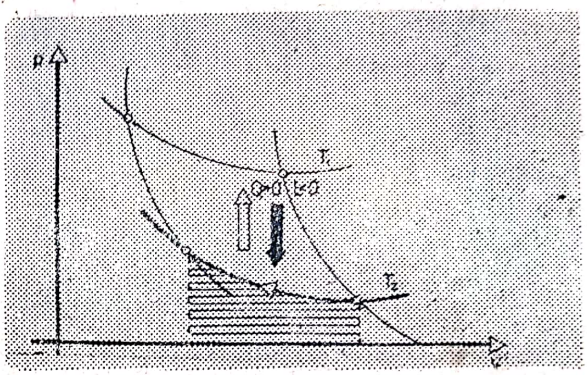


Fig. 10. L. M. comprimarea izotermă

CĂLDURA

Destinderea izotermă — căldură absorbită

$$Q = R \cdot T \ln \frac{V_2}{V_1}; \quad Q = p_1 \cdot V_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$$

Comprimare izotermă — căldură cedată

$$Q = -R \cdot T \ln \frac{V_1}{V_2}; \quad Q = -p_1 \cdot V_1 \ln \frac{p_2}{p_1}$$

REPREZENTAREA GRAFICĂ a procesului izoterm.

Se utilizează sistemele de coordonate: $p.O.V.$ $p.O.T.$, $V.O.T.$ astfel că izotermele se reprezintă printr-o familie de drepte în coordonatele $V.O.T$, $p.O.T.$, şi printr-o familie de hiperbole în coordonatele $p.O.V.$

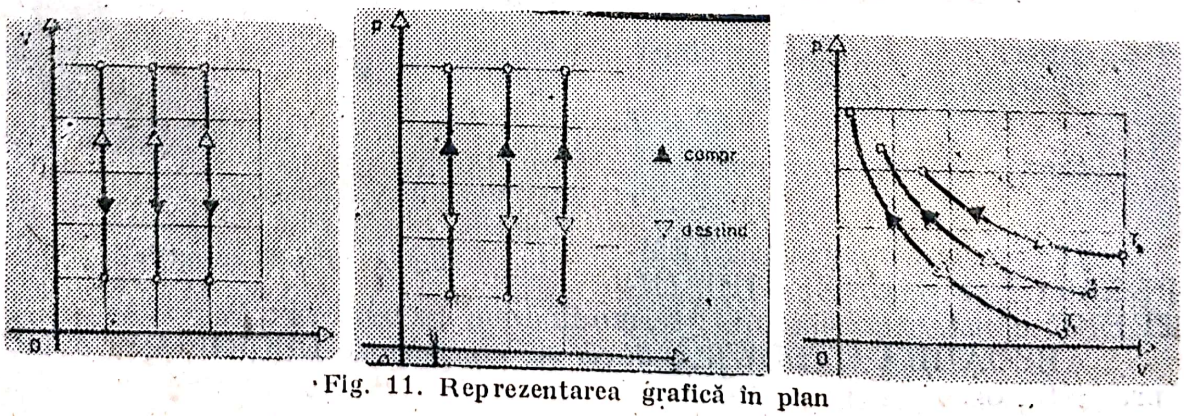


Fig. 11. Reprezentarea grafică în plan

PROCES IZOCOR

Se caracterizează prin menținerea constantă a volumului. Pentru un proces izocor care se desfășoară între stările de echilibru 1 și 2 caracterizate de parametri $p_1 \cdot V_1$ și $p_2 \cdot V_2$. Pentru cele două stări de echilibru în care are loc transformarea izocoră se respectă legea Charles.

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \text{constant.}$$

Relația reprezintă din punct de vedere geometric, în sistemul de coordonate Clapeyron ($p.V.$) o dreaptă paralelă cu axa presiunii.

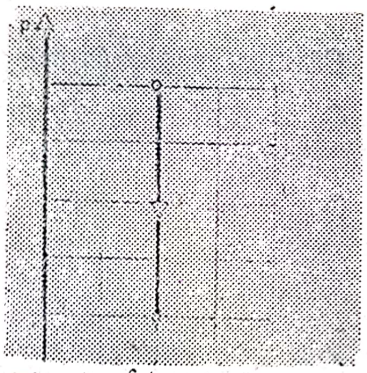


Fig. 12. Încălzire izocoră

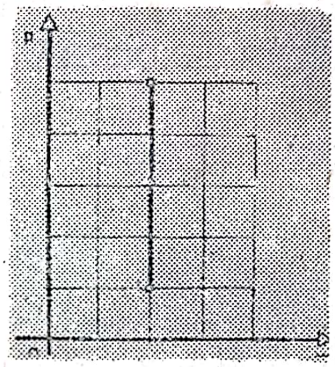


Fig. 13. Răcire izocoră.

PRINCIPIUL I AL TERMODINAMICII

În acest proces e menținut constant parametru extern V atunci: $V =$ constant.

$$Q = \Delta U + L \quad \text{dar} \quad L = p \cdot dV$$

rezultă:

$$\boxed{Q = \Delta U} \qquad U = U_2 - U_1$$

Dacă considerăm un sistem termodinamic și analizăm cum evoluează cele trei mărimi: căldura, energia internă, lucrul mecanic, trasăm bilanțul energetic al procesului.

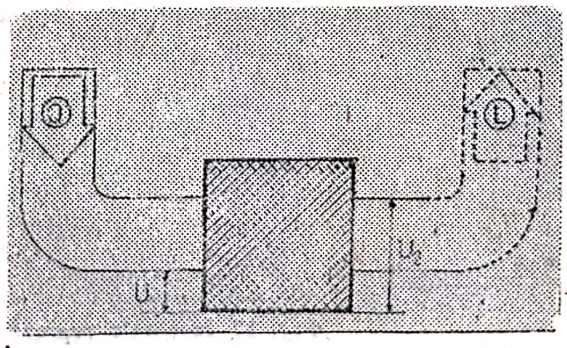


Fig. 14. Bilanțul energetic

Scanned with OKEN Scanner

ENERGIA INTERNĂ

Variaţia energiei interne se face pe baza cantităţii de căldură absorbită sau cedată.

Energia internă creşte prin încălzire izocoră.

ÎNCĂLZIREA IZOCORĂ $\Delta U = C_v \cdot (T_2 - T_1)$

RĂCIRE IZOCORĂ $\Delta U = C_v \cdot (T_1 - T_2)$

LUCRUL MECANIC

ÎNCĂLZIRE IZOCORĂ $L = p \cdot (V_2 - V_1) = 0 \quad V_2 = V_1$

RĂCIRE IZOCORĂ $L = p(V_1 - V_2) = 0 \quad V_1 = V_2$

CĂLDURA

ÎNCĂLZIREA IZOCORĂ

Căldura e absorbită de gaz.

$Q_v = C_v \cdot (T_2 - T_1)$

RĂCIREA IZOCORĂ

Căldura e cedată de gaz.

$Q_v = C_v \cdot (T_1 - T_2)$

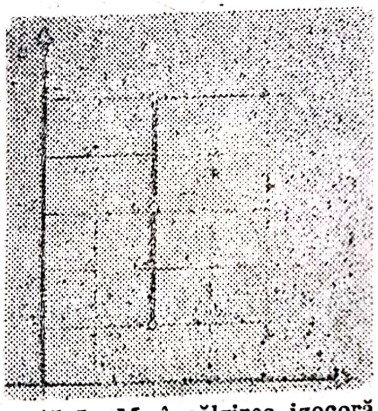


Fig. 15 L. M. încălzirea izocoră

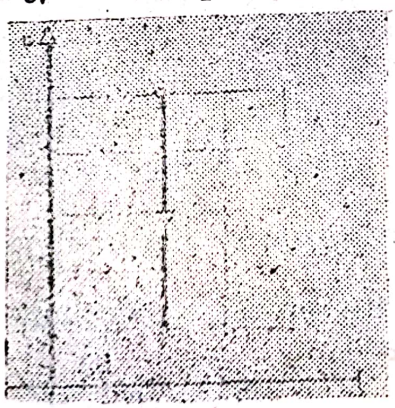


Fig. 16 L.M. răcirea izocoră

REPREZENTAREA GRAFICĂ a procesului izocor.

Se utilizează sistemele de coordonate $p.O.V.$ $p.O.T.$ $V.O.T.$ astfel avem o familie de drepte paralele cu axa $O.p$ în sistemul $p.O.V.$, o familie de drepte ce trec prin originea sistemului în sistemul de coordonate $p.O.T.$, o familie de drepte paralele cu axa $O.T.$ în sistemul de coordonate $V.O.T.$

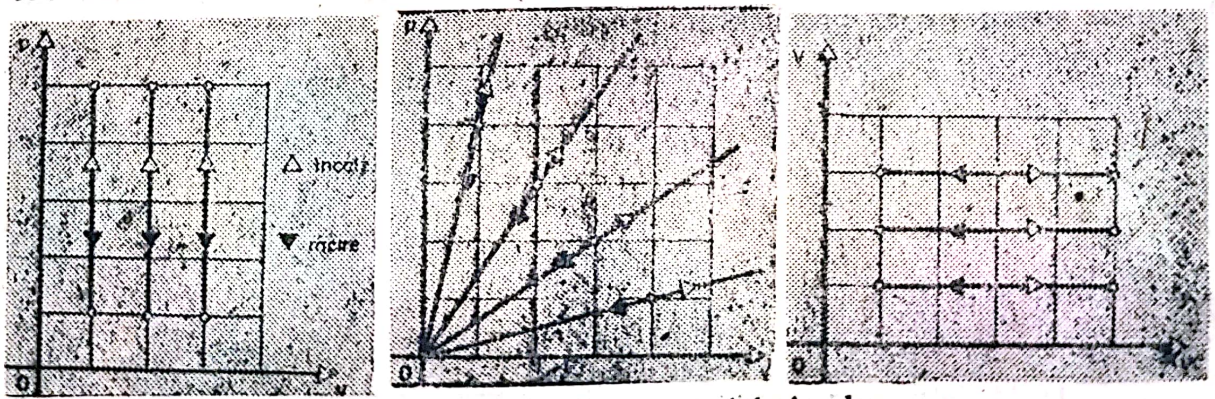


Fig. 17 Izocorele reprezentate în plan

PROCES IZOBAR.

Se caracterizează prin menţinerea constantă a presiunii $p = k$. Pentru un proces izobar care se desfăşoară între stările de echilibru 1, 2 caracterizate de parametri $p_1 V_1$ şi $p_1 \cdot V_2$. Pentru cele două stări de echilibru în care are loc transformarea izobară se respectă legea Gay-Lussac.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{const.}$$

Relaţia reprezintă din punct de vedere geometric, în sistemul de coordonate Clapeyron $(p.V)$ o dreaptă paralelă cu axa volumului.

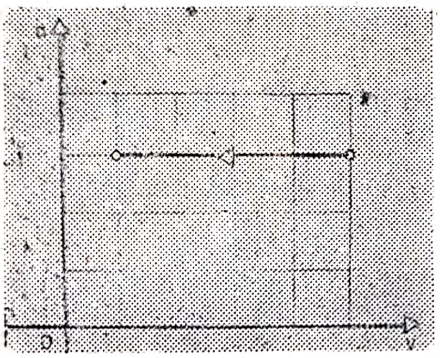


Fig. 18 Transformarea izobară încălzire

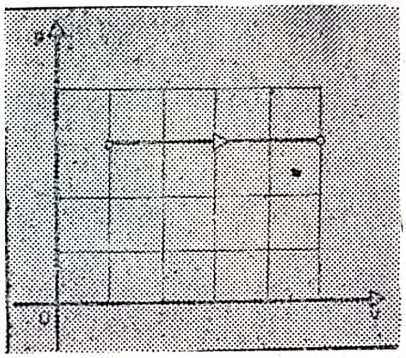


Fig. 19. Transformarea izobară răcire

PRINCIPIUL I AL TERMODINAMICII.

În această transformare e menţinută constantă presiunea $p = k$.

$$\boxed{Q = \Delta U + L} \qquad L \neq 0; \quad L = p(V_2 - V_1).$$

Sistemul termodinamic absoarbe căldură, producînd creşterea energiei interne şi producerea de lucru mecanic, spre exterior.

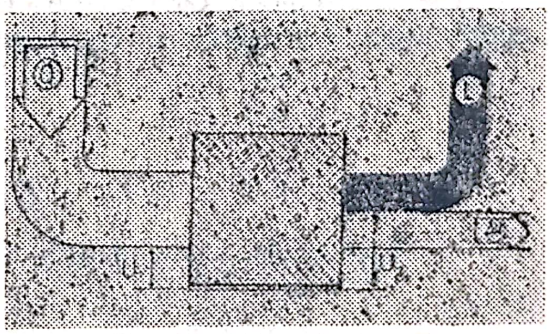


Fig. 20. Bilanţul energetic

ENERGIA INTERNĂ

Energia internă creşte dacă absoarbe căldură.

Energia internă scade dacă cedează căldură.

Observăm că în expresia lui U apare căldura la *volum constant* indiferent de tipul transformării.

ÎNCĂLZIRE IZOBARĂ $\Delta U = C_v(T_2 - T_1)$

RĂCIRE IZOBARĂ $\Delta U = C_v(T_1 - T_2)$

Scanned with OKEN Scanner

UCRUL MECANIC

În procesul izobar presiunea fiind constantă lucrul mecanic depinde numai de variația volumului dintre starea inițială și starea finală.

ÎNCĂLZIRE IZOBARĂ

$L = p(V_2 - V_1)$ este pozitiv fiind efectuat de sistem către exterior.

$L = \frac{m}{M} R(T_2 - T_1)$ pentru o masă m de gaz.

RĂCIRE IZOBARĂ

$L = -p(V_1 - V_2)$ este negativ fiind efectuat de către exterior către sistem.

$L = \frac{m}{M} R(T_1 - T_2)$ pentru o masă m de gaz.

$L = \frac{2}{2 + i} \frac{m}{M} C_p(T_1 - T_2)$ în funcție de natura gazului. i=3, 5, 6.

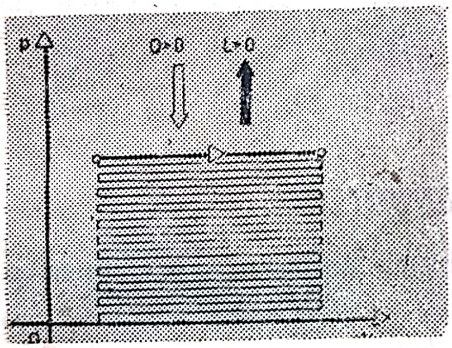


Fig. 21. L. M. încălzire izobară

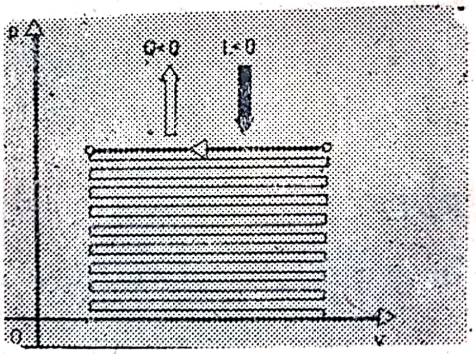


Fig. 22. L. M. răcire izobară.

CĂLDURA

ÎNCĂLZIREA IZOBARĂ. Căldura absorbită de sistemul termodinamic duce la creșterea energiei interne și la producerea de lucru mecanic.

$$Q_p = \Delta U + L$$

$$Q_p = \Delta U + R(T_2 - T_1) = \Delta U + R \cdot \Delta T$$

$$Q_p = C_p \cdot \Delta T + R \cdot \Delta T \qquad C_p = C_v$$

$$Q_p = C_p \cdot \Delta T$$

$Q_p = \frac{i + 2}{R} R(T_2 - T_1)$ căldura absorbită e pozitivă.

Scanned with OKEN Scanner

RĂCIREA IZOBARĂ

Căldura cedată de sistemul termodinamic duce la scăderea energiei interne și efectuarea de lucru mecanic din exterior asupra sistemului.

$$Q_p = -\frac{i+2}{2} R(T_1 - T_2)$$

$$Q_p = -\frac{i+2}{2} \frac{m}{M} R \cdot (T_1 - T_2).$$

REPREZENTAREA GRAFICĂ a procesului izocor.

Se utilizează sistemele de coordonate $p.O.V.$, $p.O.T.$, $V.O.T.$
Izobarele sînt o familie de drepte paralele cu $O.V$ în sistemul $p.O.V.$

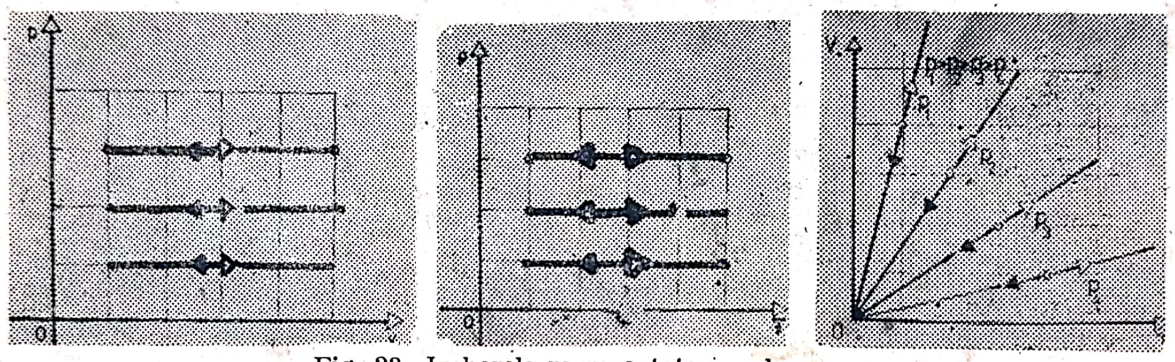


Fig. 23. Izobarele reprezentate în plan

Izobarele sînt o familie de drepte paralele cu $O.T$ în sistemul $p.O.T.$
Izobarele sînt o familie de drepte ce trec prin originea sistemului în sistemul $V.O.T.$

PROCES ADIABATIC.

Se caracterizează prin faptul că sistemul termodinamic, nu schimbă căldură cu mediul exterior.

Procesele termodinamice care se petrec foarte repede, sînt aproximativ adiabatice, deoarece transferul de căldură necesită un anumit timp și procesul se poate termina înainte ca o cantitate de căldură să fi putut trece prin peretele incintei respective.

ECUAȚIA LUI POISSON

Pentru două stări distincte, într-o transformare adiabatică:

$p_1 \cdot V_1^{\gamma} = p_2 \cdot V_2^{\gamma}$ în variabile (p, V)

$T_1 \cdot V_1^{\gamma-1} = T_2 \cdot V_2^{\gamma-1}$ în variabile (T, V)

$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ este exponent adiabatic.

Procesul adiabatic se caracterizează prin faptul că sistemul termodinamic nu face schimb de căldură cu exteriorul, deci lucrul mecanic efectuat de sistem se face pe seama variaţiei energiei interne.

Procesul adiabatic $Q = 0$

$$\boxed{Q = \Delta U + L}$$

$$\boxed{\Delta U = -L} \qquad \Delta U = U_2 - U_1$$

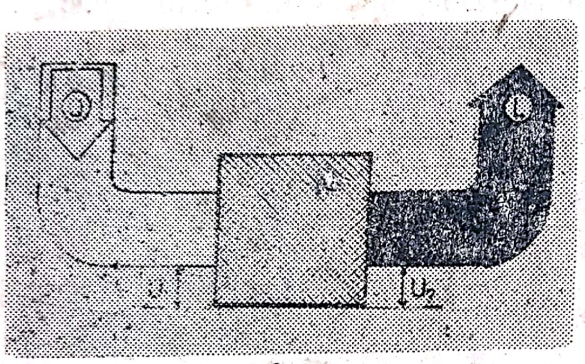


Fig. 24. Bilanţul energetic

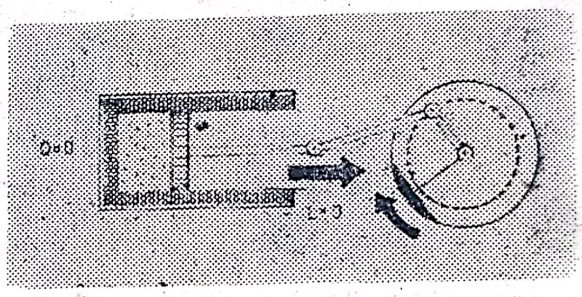


Fig. 25. Lucrul mecanic este pozitiv

Pentru un gaz conţinut într-un corp de pompă, în condiţii adiabatice, lucrul mecanic va fi pozitiv la destinderea gazului şi negativ la comprimarea gazului. Întrucît sistemul termodinamic nu primeşte căldură din exterior, pe seama scăderii energiei interne se produce lucru mecanic spre exterior care este pozitiv, iar dacă sistemul termodinamic primeşte lucru mecanic din exterior, care este negativ, acesta duce la creşterea energiei interne a sistemului termodinamic.

Într-un proces adiabatic se poate exprima matematic legătura între parametrii termodinamici, astfel încît se ajunge la o reprezentare grafică în diagrama $p-V$.

DESTINDEREA ADIABATICĂ

Sistemul termodinamic nu schimbă căldură cu exteriorul, dar produce lucru mecanic pozitiv pe seama scăderii energiei interne respectiv, are loc micşorarea temperaturii de la T_1 la T_2.

COMPRIMAREA ADIABATICĂ

Sistemul termodinamic nu schimbă căldură cu exteriorul, dar întrucît exteriorul efectuează lucru mecanic care este negativ, acesta duce la creşterea energiei interne respectiv, temperatura se măreşte de la T_2 la T_1.

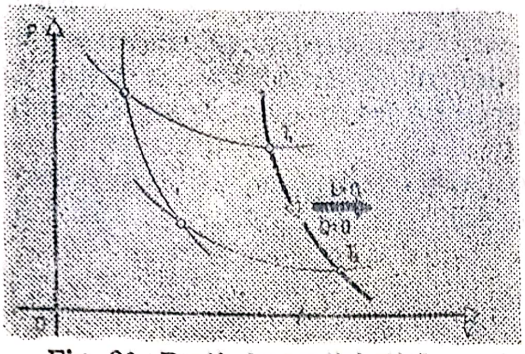


Fig. 26. Destindere adiabatică

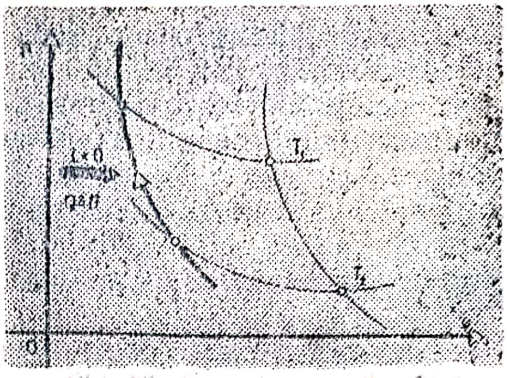


Fig. 27. Comprimare adiabatică

ENERGIA INTERNĂ

În procesul adiabatic pe seama variației energiei interne se produce lucru mecanic.

DESTINDEREA ADIABATICĂ. Energia internă scade, temperatura inițială se micșorează, lucrul mecanic este pozitiv.

$$L = -\Delta U;\quad \Delta U = -C_v\cdot(T_2 - T_1);\quad \Delta U = C_v\cdot T_1\cdot\eta;$$

$$\Delta U = -\frac{p_2\cdot V_2 - p_1\cdot V_1}{\gamma - 1};\quad \Delta U = C_v\cdot T_1\left[1 - \frac{V_1^{\gamma-1}}{V_2}\right]$$

COMPRIMAREA ADIABATICĂ. Energia internă crește pentru că prin comprimare temperatura inițială crește, lucrul mecanic este negativ.

$$L = \Delta U;\quad \Delta U = C_v\cdot(T_2 - T_1);\quad \Delta U = -C_v T_1\eta;$$

$$\Delta U = \frac{R}{\gamma - 1}(T_2 - T_1);\quad \Delta U = -C_v\cdot T_1\left(1 - \frac{V_1^{\gamma-1}}{V_2}\right)$$

LUCRUL MECANIC

Pentru determinarea lucrului mecanic efectuat la destindere adiabatică a unui gaz, ținem cont că lucrul mecanic L se efectuează în întregime pe seama variației energiei interne a gazului. În destinderea adiabatică lucrul mecanic este pozitiv $L > 0$ deci $\Delta U < 0$ este negativă. Temperatura scade pe seama micșorării energiei interne.

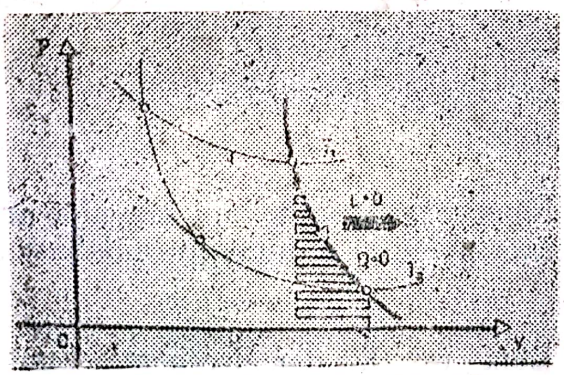


Fig. 28. Destindere adiabatică

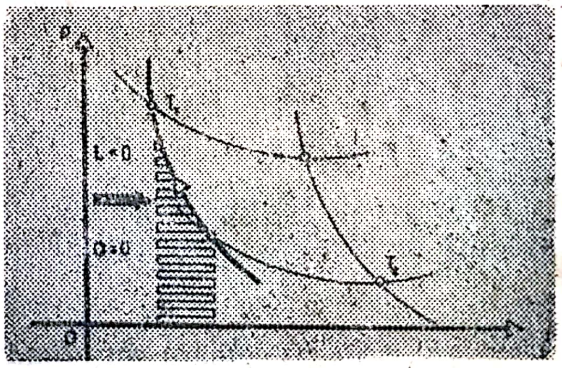


Fig. 29. Comprimare adiabatică

Pentru determinarea lucrului mecanic efectuat la comprimarea adiabatică a unui gaz, ţinem cont că exteriorul efectuează lucru mecanic, asupra sistemului termodinamic, deci lucrul mecanic este negativ. Comprimarea gazului duce la creşterea energiei interne deci $\Delta U > 0$ şi temperatura se măreşte de la T_2 la T_1.

Astfel în procesul adiabatic între aceleaşi temperaturi lucrul mecanic la destindere este mai mic ca lucrul mecanic la comprimare, vizibil şi după suprafaţa ariilor corespunzătoare.

DESTINDEREA ADIABATICĂ

Se exprimă:

$$L = -C_v(T_2 - T_1); \quad L = C_v \cdot T_1\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right); \quad L = C_v \cdot T_1 \cdot \eta$$

η — randament

dacă $C_p - C_v = R$ atunci $C_v = \dfrac{R}{\gamma - 1}$.

$$L = -\frac{R}{\gamma - 1}(T_2 - T_1)$$

dacă ţinem cont de ecuaţiile de stare.

$$L = -\frac{RT_2 - R \cdot T_1}{\gamma - 1}; \quad L = -\frac{p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1}{\gamma - 1}$$

$$L = C_v \cdot T_1\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right]; \quad L = C_v \cdot T_1\left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]$$

COMPRIMAREA ADIABATICĂ

$$L = C_v(T_2 - T_1); \quad L = -C_v(T_1 - T_2); \quad L = -C_v \cdot T_1\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right);$$

$$L = -C_v \cdot T_1 \cdot \eta; \quad L = \frac{R}{\gamma - 1}(T_2 - T_1); \quad L = \frac{p_2 \cdot V_2 - p_1 \cdot V_1}{\gamma - 1};$$

$$L = -C_v \cdot T_1\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}\right]; \quad L = -C_v \cdot T_1\left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]$$

CĂLDURA

Dacă în timpul destinderii şi comprimării gazului nu are nici un schimb de căldură cu mediul înconjurător procesul se numeşte adiabatic.

$$Q = 0$$

Dacă ne imaginăm un cilindru izolat termic, dar şi cea mai bună izolaţie lasă să scape puţin căldură, totuşi dacă *destinderea* sau *compri-*

mareă se petrece foarte repede, nu mai rămîne timp pentru schimbul de căldură.

În acest caz, cilindrul cu piston supus unei comprimări sau unei dilatări într-un proces adiabatic pot determina creşteri sau scăderi accentuate de temperatură. Astfel în cilindrul motorului Diesel prin comprimarea aerului temperatura creşte foarte mult, astfel combustibilul injectat se aprinde.

Prin destinderea adiabatică se provoacă o scădere a temperaturii astfel că ajutajele de evacuare a gazelor comprimate se acoperă cu un strat de gheaţă prin solidificarea vaporilor de apă din atmosferă.

Introducerea mijloacelor audio-vizuale în procesul de transmitere a cunoştinţelor este o necesitate, care se impune din nevoia de-a lega şcoala de nivelul civilizaţiei contemporane, de-a oferi elevului vehiculele moderne ale gîndirii actuale. Mijloacele audio-vizuale, utilizate riguros, bine alese, apropie depărtările, timpul, aducînd imaginile în limitele de percepere umană. O imagine bună, reduce timpul pentru explicare, pentru clarificarea unei noţiuni, se reţine mai bine şi mai mult. Dar pătrunderea mijloacelor audio-vizuale în şcoală se face cu inerţie din partea profesorilor, în primul rînd, că acestea trebuie concepute, realizate ceea ce necesită talent, dotare tehnică, materiale specifice.

În al doilea rînd, că nu există seturi de diapozitive sau diarame specifice pe teme, lecţii şi capitole. Imaginile trebuie să fie astfel concepute încît să constituie ,,paşi'' care să comunice, noţiuni, cunoştiinţe, ce se ansamblează logic în cadrul unei lecţii sau teme.

Cred că prin cunoaşterea experienţei pozitive a profesorilor ce utilizează acestę mijloace, prin selecţia şi organizarea lor pe lecţii şi teme, multiplicate la scară naţională, cu siguranţă îşi vor aduce un aport la promovarea unui învăţămînt eficient.

BIBLIOGRAFIE

1. *M. A. Oncescu* ,,FIZICA''
2. *D. Halliday, R. Resnick* ,,Fizica''
3. *N. Bărbulescu colectiv* ,,FIZICA''
4. *M. Atanasiu, V. Dobrotă* ,,Fizica pentru. admitere în facultăţi.''
5. *M. Herivan* ,,Educaţia la timpul viitor''
6. *B. F. Skinner* ,,Revoluţia ştiinţifică în învăţămînt''
7. *E. Fischbein* ,,Arta de a gîndi''
8. * * * Radio tele-şcoală 1.2.1979.
9. *S. Stoian* ,,Educaţie şi tehnologie''
10. *H. Lindner* ,,Fizică pentru tehnicieni''
11. *B. Popa C. Vintilă* ,,Termotehnică şi maşini termice''

CONSIDERAŢII TEORETICE ASUPRA TRANSPOZIŢIEI BENZIDINICE

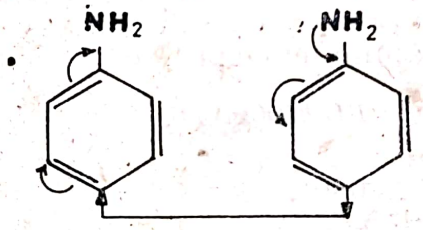
Prof. *SERAFIMESCU IOLANDA* *, Cîmpulung Muscel

Transpoziţia benzidinică a hidrazoderivaţilor se poate considera ca unul din cazurile speciale de transpoziţie a aminelor N-substituite, provocată prin acţiunea agenţilor acizi. Odată cu bazele benzidinice, se formează

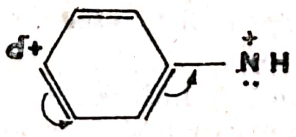
* Liceul Dinicu Golescu

în cantităţi mici orto-paraderivaţi numiţi difeniline. De curînd V. O. Lucaşevici şi L. G. Crolic au descoperit la transpoziţia hidrazobenzenului la temperatura joasă, în mediu anhidru, pe lîngă benzidină şi difenilinăde asemenea 2.2′-diaminobifenil.

Mecanismul transpoziţiei benzidinice nu este încă lămurit pe deplin. Studiul cineticii reacţiei de transpoziţie a hidrazobenzenului prin acţiunea acidului clorhidric, a arătat că în alcool anhidru reacţia decurge de 100 de ori mai repede decît în alcool 75 %. Dimpotrivă, în prezenţa acidului tricloracetic drept catalizator, viteza reacţiei este mai mare în alcool diluat. Aceste raporturi ale vitezelor pot fi explicate prin aceea că, prima fază a reacţiei constă în formarea rapidă şi reversibilă a sărurilor hidrazoderivatului (adică protonul) iar viteza reacţiei de transpoziţie depinde de concentraţia de echilibru a sării. Acidul tricloracetic este mai disociat în alcool diluat, decît în cel anhidru, de aceea viteza reacţiei în prezenţa lui este mai mare în alcool diluat. Acidul clorhidric este disociat în întregime în ambii dizolvanţi şi deoarece ionul de alcasoniu format în alcoli anhidru are o aciditate mai mare decît ionulde hidrosoniu format în alcoediluat, viteza reacţiei în alcool anhidru este mai mare. Constanta energie de activare în alcool de concentraţii diferite arată căviteza de formare a benzidinei nu este determinată prin formarea sărurilor de hidrazoderivaţi ci prin transpoziţia ei. Conform acestor date, cei mai mulţi cercetători consideră că prima fază în transpoziţia hidrazoderivatului este adiţia unui H^+, cu formarea unui cation. Pentru mersul ulterior al reacţiei s-au propus cîteva explicaţii diferite. Se admite apariţia deplasării electromere în cation de tipul :

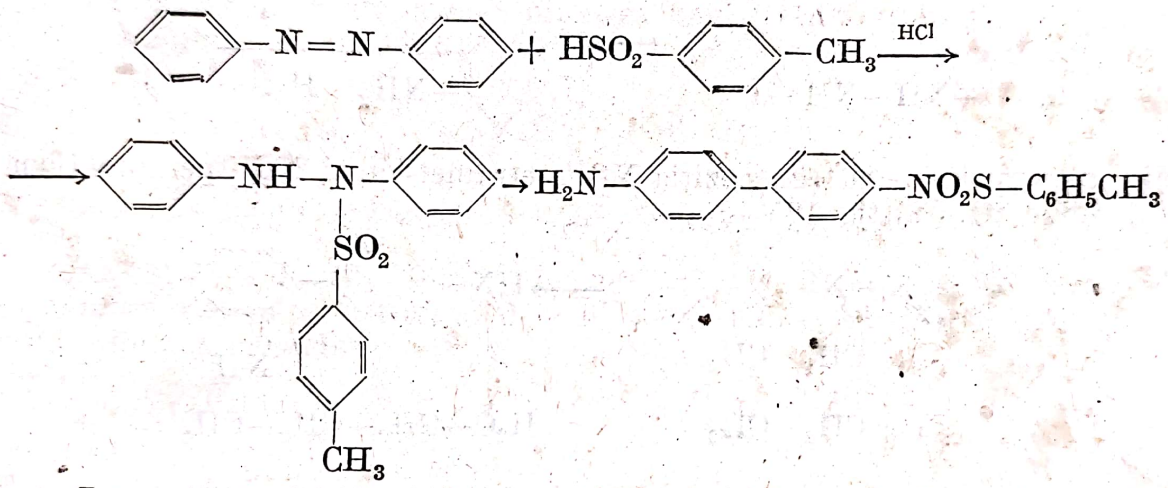


Formarea legăturii p—p′ este uşurată prin faptul că în sarea hidrazobenzenului, distanţa dintre atomul p şi atomul p′ de carbon, se apropie de 1,5 Å — adică ceva mai mult decît în benzidina care se formează din sare. De curînd s-a formulat o ipoteză aparte, conform căreia în sărurile de hidrazoderivat formate iniţial legătura dintre atomii de azot se rupe şi cationul format $C_6H_5NH^+$ reacţionează cu cei 6 electroni π din al doilea nucleu benzenic, înaintînd deasupra stratului acestor electroni, spre atomul de carbon para al particulei $C_6H_5NH_2^+$ care poartă sarcina negativă. În cationul $C_6H_5NH^+$ există o sarcină pozitivă, din cauza deplasării electromere după schema :



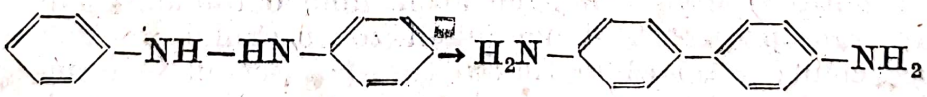
de la atomul de carbon care se găseşte în poziţia para faţă de azot. De aceea acest atom se leagă de atomul de carbon cu sarcina negativă a

celuilalt nucleu benzenic. Un mecanism analog a fost propus şi pentru explicarea altor transpoziţii intramoleculare ale aminelor N-substituite. Conform altui punct de vedere, produsul de adiţie al hidrazoderivatului cu protonul, trebuie considerat un complex critic, care posedă numai parţial proprietăţile unei sări. Transpoziţia diferiţilor hidrazoderivaţi decurge cu grade diferite de uşurinţă. După L. G. Crolic şi V. O. Lucaşevici, hidrazoderivaţii naftalinei suferă transpoziţii transformîndu-se în diaminoderivaţii binafilului chiar în absenţa acizilor. Astfel, 1.1. hidrazonaftalina la încălzire în mediul alcoolic formează 4.4′-diamino 1.1′-binaftil şi 1.1′-diamino 2.2′-binaftol. Paralal se formează dibenzocarbozoli ca produs secundar. Obţinerea diaminelor de tipul benzidinei, direct de la azoderivaţi, se poate realiza cu ajutorul acizilor arilsulfinici, ce acţionează şi ca reducători. În acest caz. una din grupele amino- ale diaminei este legată de radicalul acidului arilsulfinic ($ArSO_2$)

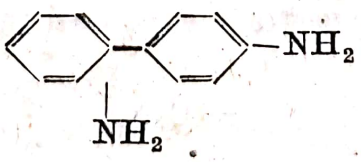


Transpoziţia benzidinică

Hidrazobenzenul sufere cînd e încălzit multă vreme cu acid sulfuric sau acid clorhidric diluat o transpoziţie intramoleculară, constînd formal în ruperea legăturii N—N, rotirea celor două nuclee benzenice cu 180 grade şi împreunarea lor prin poziţia para. Obţinem *p.p′ diaminobifenilul sau benzidina.*

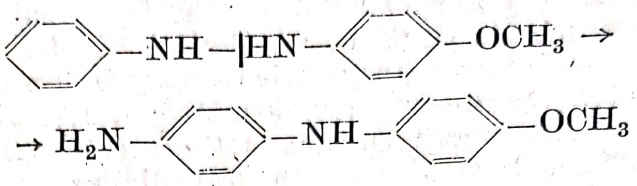


85 % se formează benzidină iar 15 % difenilina:

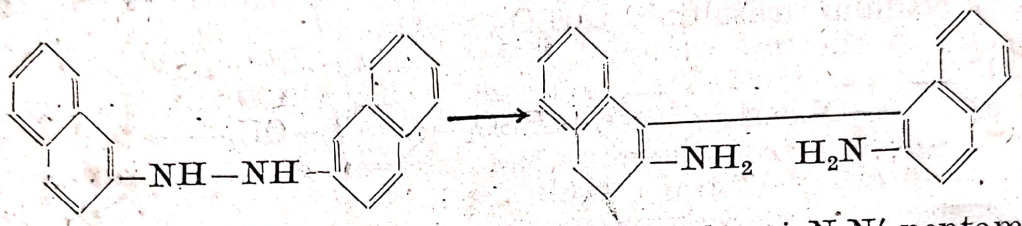


ce rezultă prin rotirea unui nucleu cu 180 grade iar a celuilalt cu 60 grade (transpoziţia difenilică). Cînd poziţia para este ocupată cu COOH sau SO_3H, aceste grupe sînt eliminate din moleculă şi se obţine benzidina

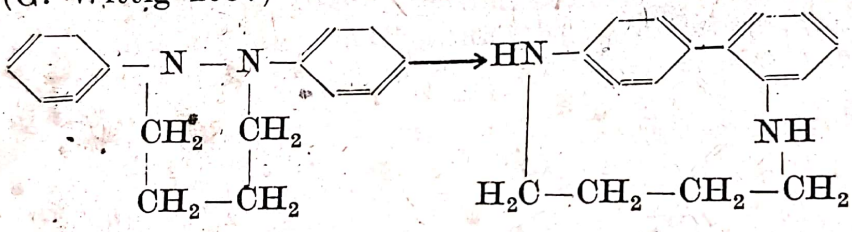
respectivă. Dacă în poziţia para se află însă grupe ce se pot elimina, ca metoxilul OCH_3, se roteşte un singur nucleu şi se obţine o diamină primară — secundară. O asemenea transpoziţie se numeşte semidinică, de exemplu :



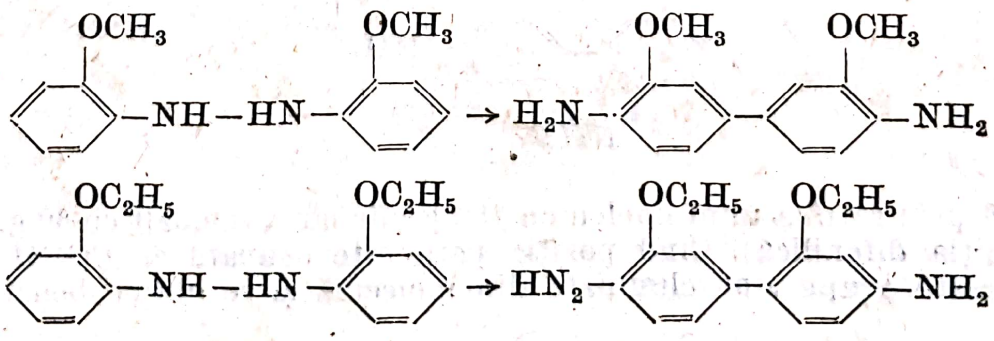
În seria naftalinei, se produc de obicei transpoziţii ortobenzidinice ducînd la o.o′ diamine, β hidrazonaftalină.



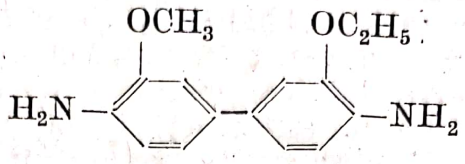
Un mers curios — ia transpoziţia N.N′ tetrametilen şi N.N′ pentametilen difeniline (G. Wittig 1957) :



Absenţa radicalilor liberi în timpul transpoziţiei s-a dovedit prin cercetarea transpoziţiei benzidinice a 2.metil 2′ etoxihidrazobenzenului care conţine un atom de carbon radioactiv în grupa metil. După efectuarea transpoziţiei acestor substanţe, în amestecul de reacţie s-a adăugat 3.3′-dimetilbenzidină obişnuită care a fost apoi izolată. Ea s-a dovedit ne radioactivă, ceea ce înseamnă că la transpoziţia 2 metil 2′ etoxihidrazobenzenului, nu se formează radicali liberi $OCH_3—C_6H_4NH$ deoarece în caz contrar ar putea reacţiona unul cu altul, dînd o toluidină radioactivă. Cercetarea transópziţiei 2.2′ dimetohihidrazobenzenului şi a 2.2′ dietoxihidrazobenzenului arată că în timpul transpoziţiei nu se formează ioni liberi. Fiecare din aceste substanţe se transpune în amestec independent de cealaltă substanţă prezentă, ca urmare se obţin doi produşi de reacţie :



Dacă grupele care migrază ar exista un timp în stare liberă, ar trebuie să se formeze și a treia substanță,



deoarece, dacă primele două substanțe s-ar forma prin reacțiile heterociclice a doua molecule simetrice:

$$A^+ + A^- \rightarrow AA$$

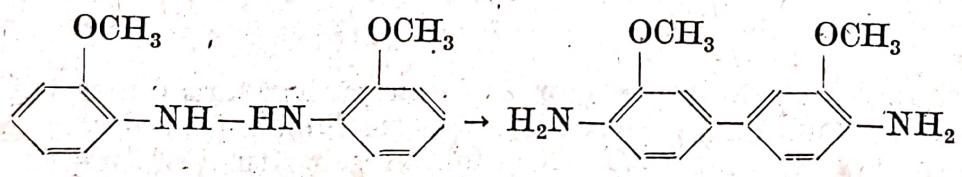
$$B^+ + B^- \rightarrow BB$$

nimic nu ar trebui să împiedice formarea unei a treia substanțe printr-o reacție heterociclică analogă:

$$\begin{matrix} A^+ + B^- \searrow \\ A^- + B^+ \nearrow \end{matrix} AB$$

Mecanismul transpoziției benzidinice este intramolecular

Aceasta s-a dovedit supunîndu-se condițiilor în care are loc reacția un amestec de o.o′ dimetoxi și de o.o′ dietoxihidrazobenzen. Primul dă m.m′ dimetoxibenzidină.



iar cel de al doilea dă benzidina similară cu grupe OC_2H_5 în loc de OCH_3. Amestecul celor doi hidrazoderivați nu dă decît aceste două benzidine. nu se formează o benzidină mixtă, cu o grupă OCH_3 în unul din nuclee- și o grupă OC_2H_5 în celălalt. De aici urmează că moleculele de hidrazoa-benzen nu se rup în cursul reacției în fragmente care se împreună apoi le întîmplare și fiecare moleculă se transpune independent de altele. Pe de altă parte s-a dovedit că semidin nu este un intermediar al reacției, căci ea nu se transpune în benzidină, la tratare cu acizi. Măsurătorile cinetice au arătat că transpoziția benzidinică este o reacție de ordinul III și anume: de ordinul I față de concentrația hidrazobenzenului și de ordinul II față de concentrația ionilor de hidrogen. Este probabil că reacția decurge în trei etape consecutive:

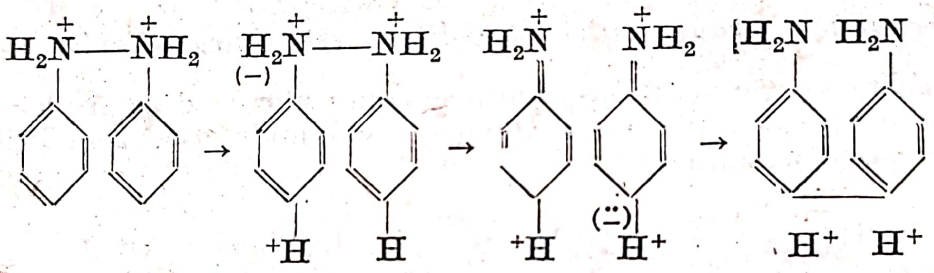
$$C_6H_5NH-HN-C_6H_5 + H^+ \rightleftarrows C_6H_5\overset{+}{N}H_2-HN-C_6H_5 \qquad ①$$

$$C_6H_5\overset{+}{N}H_2-HN-C_6H_5 + H^+ \rightleftarrows C_6H_5\overset{+}{N}H_2-H_2\overset{+}{N}-C_6H_5 \qquad ②$$

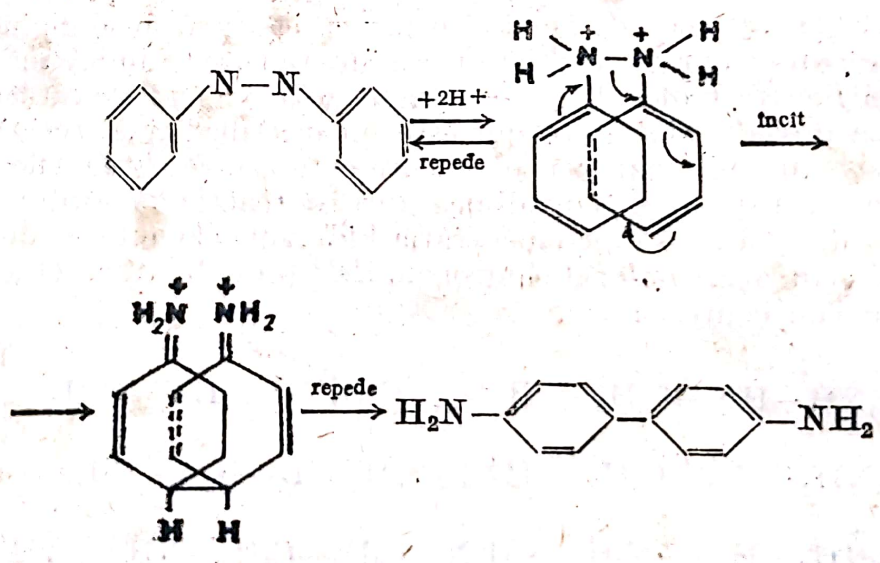
$$C_6H_5\overset{+}{N}H_2-H_2\overset{+}{N}-C_6H_5 \rightarrow H_2N-C_6H_4-C_6H_4-NH_2 + 2H^+ \qquad ③$$

Reacţiile 1 şi 2 sînt echilibre protolitice. Transpoziţia propriu-zisă se produce în reacţia 3 ireversibilă. Reacţia 1 este rapidă ca orice reacţie protolitică. Sînt indici că a treia reacţie este rapidă. A fost posibil să se izoleze un diiodhidrat şi un diclorhidrat al hidrazobenzenului. Primul se transpune îndată ce vine în contact cu apa, cel de al doilea este atît de nestabil încît transpoziţia pare să aibă loc chiar în stare solidă (Pongratz). Se admite de aceea că reacţia doi este reacţia lentă, determinată de viteză. Reacţia aceasta deşi o protoliză, poate fi lentă fiindcă existenţa sarcinii pozitive la primul atom de azot, se opune adiţiei unui nou proton la cel de al doilea atom de azot. Procesul propriu-zis al transpoziţiei este încă obscur. Forţa motoare a reacţiei este probabil respingerea dintre cele două sarcini pozitive vecine, aceasta favorizează ruperea legăturii N—N care este cea mai slabă legătură din moleculă. O primă ipoteză asupra transpoziţiei benzidinice a fost următoarea :

Este probabil că legătura N—N, din ionul intermediar este slăbită din cauza celor două sarcini pozitive adiacente şi că această legătură se rupe heterolitic producîndu-se o deplasare de electroni. Cele două fragmente ce iau naştere rămîn totuşi unite prin atracţia electrostatică a sarcinilor din poziţiile para. Se stabileşte legătura covalentă între poziţiile para, expulzîndu-se simultan protonii :



Este mai greu de înţeles cum se formează legătura dintre poziţiile para ale celor două nuclee benzenice. Reacţia fiind intramoleculară este probabil ca ruperea legăturii N—N şi formarea legăturii p.p′ decurg sincron. Trebuie să admitem deci că reacţia decurge printr-o stare de tranziţie ciclică, în cursul căreia cele două inele benzenice adoptă o orientare paralelă şi se apropie prin poziţia para pînă la distanţa unei legături C—C-



E. Angelescu, F. Cornea — „Probleme teoretice de chimie organică"; *F. Badea* — „Mecanisme de reacție în chimia organică"; *C. D. Nenițescu* — „Chimie organică" — vol. I.

FIZICA ȘI TEHNICA, CORELAȚII ȘI INTERFERENȚE ÎNTRE ACTIVITATEA FIZICIANULUI ȘI A INGINERULUI

Prof. *ROMULUS SFICHI* *), Suceava

Trăind în imediata vecinătate a celui de-al treilea mileniu al erei noastre, asistăm astăzi la interconexiunea din ce în ce mai profundă a diverselor științe în cadrul uriașului proces de cunoaștere a naturii și de aplicare a cunoștințelor căpătate la viața practică.

Una din interconexiunile ce datează din cele mai îndepărtate timpuri și a cărei rol este determinat în evoluția socială este cea dintre fizică, matematică și tehnică.

În urmă cu secole, savantul italian Galileo Galilei spunea că natura și-a scris legile în limbajul matematic iar mult mai tîrziu, marele Max Von Laue scria :**) „*matematica este unealta intelectuală a fizicianului; numai ea permite enunțarea într-o formă definitivă, precisă, didactică a legilor materiale descoperite de știință...*"

Necesitățile de dezvoltare ale societății au raliat fizicii și matematicii, tehnica, formînd astfel, din toate trei, un mănunchi de nedespărțit.

Nimeni nu se mai poate îndoi astăzi că toate trei sînt necesare, dar legătura dintre ele continuă să fie discutată, încercîndu-se uneori să se dea prioritate unei ramuri în raport cu celelalte două.

Fără a intra în detalii, este necesar de arătat că aceste păreri sînt eronate, deoarece, pentru realizarea oricărui progres, fiecare își aduce contribuția sa specifică.

Acei care susțin, dintr-un sentiment de entuziasm față de matematică, faptul că planeta Neptun a fost descoperită de către Leverrier, cu „*vîrful creionului*" la masa de lucru, greșesc sau denaturează adevărul.

Descoperirea planetei Neptun este, dimpotrivă, un exemplu tipic al legăturii indisolubile dintre matematică, fizică și tehnică. Dacă nu erau cunoscute legile fizicii, Leverrier nu ar fi putut să-și efectueze calculele, iar dacă tehnica nu punea la dispoziție instrumentele optice necesare, calculele sale nu ar fi putut fi confirmate.

Oricare dintre cele trei ramuri ar fi lipsit, rezultatele celorlalte două nu s-ar mai fi putut valorifica.

În cele ce urmează vom prezenta cîteva reflecții cu privire la interconexiunea dintre fizică și tehnică iar pe această bază, cîteva corelații și interferențe între activitatea fizicianului și cea a inginerului.

Atît pentru fizică cît și pentru tehnică matematica reprezintă un instrument practic indispensabil cu o mare valoare metodologică de cer-

*) „Liceul Ștefan cel Mare"

**) Max Von Laue Istoria Fizicii (trad. din l. germană) Ed. științifică, București — 1965.

Scanned with OKEN Scanner

cetare, astfel încît pregătirea matematică a fizicianului trebuie să fie cel puţin la nivelul pregătirii matematice a inginerului.

Este de reţinut faptul că dacă matematica are un mare rol în fizică şi tehnică, aceasta nu înseamnă că rolul ei este predominant, pentru că nici o schemă matematică dată nu epuizează însuşirile concrete ale fenomenelor reale.

Din această cauză procesul de cunoaştere a concretului decurge totdeauna din lupta între două tendinţe. Pe de o parte separarea formei fenomenelor studiate şi analiza logică a acestei forme, pe de altă parte dezvăluirea momentelor care nu pot fi cuprinse în formule stabilite şi trecerea la studiul unor forme noi, care cuprind mai profund şi mai complet fenomenele.

Din acest punct de vedere atît pentru fizician cît şi pentru inginer, nu pot fi fixate nici un fel de limite apriorice ale matematizării, dar este esenţial să se observe că orice absolutizare a matematizării este dăunătoare cu atît mai mult cu cît aceasta poate duce la interpretări şi denaturări idealiste ale fenomenelor din natură şi societate.

Semnificativă din acest punct de vedere ni se pare opinia marelui matematician şi om de ştiinţă Norbert Wiener întemeietorul ciberneticii.

Convins pe deplin de eficienţa metodelor matematice în cele mai diverse domenii ale ştiinţei, Norbert Wiener îşi dă totuşi seama că orice supraestimare a posibilităţilor concrete ale matematicii în aceste domenii nu-şi găseşte jusitificare. Astfel referindu-se la simpozioanele la care participau reprezentanţi din diverse domenii ale ştiinţei, interesaţi în a găsi o bază comună de gîndire referitoare la probleme de comunicaţii, Norbert Wiener scria : *„Într-adevăr, atunci am văzut, ceea ce am mai constatat şi în multe alte cazuri, că una din îndatoririle principale ale matematicianului în calitatea sa de consilier, al oamenilor de ştiinţă care lucrează în domenii mai puţin precise constă în a-i descuraja să aştepte prea mult din partea matematicii”**.

În munca sa fizicianul nu poate avea pretenţia unor rezultate strict exacte. Cu răbdare, el adaptează legile cantitative formulate, la realitatea obiectivă, prin aproximări succesive.

Unii oameni îşi închipuie că aceste legi sînt efemere, că adesea ele pot fi complet răsturnate în favoarea altor legi.

Este greşit, deoarece o lege deşi nu are caracter absolut, se apropie din ce în ce mai mult, tinzînd spre o descriere tot mai bună a fenomenelor.

Ca exemplu, legile fizicii clasice nu au fost anulate de mecanica cuantică, nici acelea ale termodinamicii de fizica statistică ; dimpotrivă, ele se aplică şi în prezent, într-o largă măsură. Descoperirile noi au limitat însă domeniul în care legile pot fi aplicate.

Dacă fizicianul cercetător îşi desfăşoară activitatea ştiinţifică în domenii necunoscute sau insuficient de bine cunoscute, inginerul sau în general tehnicianul de regulă îşi clădeşte activitatea pe ceea ce este definitiv cucerit. Uneori şi inginerul caută să afle prin cercetare lucruri noi, dar atunci fără să vrea, devine fizician sau matematician.

În susţinerea acestei afirmaţii ne bazăm pe definiţia acceptată actualmente pentru tehnică prin care înţelegem *„totalitatea uneltelor şi a practi-*

---

*) Norbert Wiener, Sînt matematician, Ed. politică, Bucureşti — 1972.

Scanned with OKEN Scanner

*cilor producției, dezvoltate în cursul istoriei, care permit omenirii să acționeze asupra naturii înconjurătoare cu scopul de a obține bunuri materiale".**

Este de reținut că dacă tehnica reprezintă de cele mai multe ori fizică aplicată la care se adaugă aportul matematicii, în decursul istoriei tehnica s-a dezvoltat și fără aportul fizicii.

Așa se explică realizarea piramidelor din Egipt și a canalelor de irigații din Babilonia, canalul de navigație Nil — Marea Roșie, apeductul Jerevan, prima punte de piatră română și alte edificii, înainte de progresul corespunzător din fizică și matematică.

Tot istoria dovedește însă că un salt calitativ în tehnică este condiționat de formularea precisă a noțiunilor de bază pe care o face fizica, astfel încît fizica de astăzi reprezintă tehnica de mîine.

Desigur însă că între cercetarea din fizică pînă în primele decade ale secolului nostru și cea care se desfășoară astăzi este o mare deosebire sub aspectul legăturii fizicii cu celelalte științe și în primul rînd cu tehnica.

Astfel tot ce s-a făcut în trecut în domeniul fizicii începînd din cele mai îndepărtate timpuri și pînă în primele decade ale secolului nostru, s-a datorat aproape în exclusivitate acelor personalități binecunoscute de noi toți, care au făcut ca fizica să se închege satisfăcător înaintea altor științe.

Avînd ca preocupare esențială să se realizeze pe ea însăși fizica întreținea, în perioada la care ne referim, legături slabe cu tehnica vremii.

Astfel tehnica, deși începea încă de pe la mijlocul secolului trecut să valorifice unele cuceriri ale fizicii, continua totuși să se dezvolte fără aportul fizicienilor; electrotehnica a fost un exemplu caracteristic din acest punct de vedere. Ori situația de astăzi este cu totul alta. Pregătită desigur treptat prin modul în care au evoluat diversele ramuri ale științei precum și sub impulsul problemelor pe care tehnica a ajuns încetul cu încetul să le pună fizicii, o profundă schimbare în sistemul de concepție și de realizare a cercetărilor s-a făcut simțită cu autoritate de circa 35—40 ani. O contribuție de prim ordin în acest sens a avut-o de altfel însăși dezvoltarea fizicii pe drumul ei normal de pătrundere în lumea fenomenelor din ce în ce mai ascunse mijloacelor de percepție directă. Astfel fizica nucleară a obligat pe fizician să-și consacre cea mai mare parte din timpul său — cu un consum proporțional de muncă de creație — concepției și realizării unor instalații de experimentare extrem de complexe din punct de vedere tehnic, aproape singurele cu care se pot colecta astăzi informații noi în cadrul acestor probleme.

În stadiul actual de evoluție a științelor două lucruri par a fi foarte importante cu privire la interconexiunea dintre fizică și tehnică : în primul rînd scurtarea timpului, care merge în unele cazuri pînă la anularea acestuia, dintre descoperirea din fizică și valorificarea tehnică a acestei descoperiri, iar în al doilea rînd desfășurarea cercetării din fizică și tehnică în cadrul echipelor pluridisciplinare în care în mod deosebit fizicianul se întîlnește foarte frecvent cu inginerul.

Și într-adevăr, astăzi, un singur om, chiar o mare personalitate științifică, nu-și mai poate nici măcar face iluzia că ar fi în stare să cuprindă toate aspectele problemei care îl preocupă chiar dacă a reușit — nici asta nu se întîmplă des — să-i traseze singur jaloanele principale.

---

*) Dicționarul limbii romîne moderne. Edit. Acad. R.S.R., 1958.

Fără îndoială că cercetarea în echipe pluridisciplinare şi mai ales cercetarea interdisciplinară presupune pregărirea fizicianului şi în domeniul tehnic, cel puţin al familiarizării cu problemele tehnicii şi ale tehnologiei, şi cu atît mai mult, al unei temeinice pregătiri în domeniul fizicii al inginerului.

Referindu-ne la pregătirea fizicianului şi a inginerului este evident că în pregătirea inginerului accentul se pune în mod deosebit pe elemente de ordin tehnic şi tehnologic, în timp ce în cazul fizicianului accentul se pune pe elemente de principiu şi de fundamente.

Şi într-adevăr, dacă de exemplu unui inginer mecanic în mod obişnuit îi sînt suficiente, în stadiul actual de dezvoltare a tehnicii şi tehnologiei, doar elemente de mecanică clasică spre a fi un bun proiectant, cercetător sau om de producţie, un fizician nu se mai poate mulţumi încă de mult timp numai cu mecanica clasică.

La fel şi în domeniul electricităţii.

Pentru un inginer cu profil de pregătire în domeniul electrotehnicii îi sînt, în general, suficiente cunoştinţe ce merg pînă la inclusiv teoria cîmpului electromagnetic a lui Maxwell pe cînd fizicianul cu preocupări în acest domeniu are nevoie de cunoştinţe moderne mult mai avansate.

Aceasta, pentru că fizica trebuie să rezolve problemele pe care i le ridică tehnica viitorului şi de aici concluzia că, sub acest aspect, fizica este şi trebuie să fie detaşamentul de avant-gardă al tehnicii. Desigur, raportul dintre fizică şi tehnică este un raport dialectic, pentru că într-adevăr dacă fizica trebuie să rezolve problemele ridicate de tehnică, tehnica este aceea care pune la dispoziţia fizicii aparatura necesară.

Trebuie menţionat de asemenea faptul că există domenii în care activitatea fizicianului merge pînă la suprapunerea cu activitatea inginerului, fapt pentru care atît la noi în ţară cît şi în alte părţi a apărut aşa numitul „inginer fizician", specialitate care, după părerea noastră, ar putea să cucerească tot mai mult teren în viitor. Exemplificăm din acest punct de vedere inginerul fizician din domeniul energetic nuclear.

Este cunoscut şi recunoscut astăzi faptul că atributele principale ale epocii contemporane sînt previziunea şi descoperirea.

De aici cunoscuta problemă a necesităţii cultivării creativităţii pe toate treptele de învăţămînt.

Or fizica şi tehnica sînt ramurile care prin însăşi specificul lor implică necesitatea imperioasă a cultivării creativităţii, a inteligenţei în general şi a inteligenţei tehnice în special.

Şi din acest punct de vedere dezideratul principal, în curs de aplicare şi aprofundare, a învăţămîntului din ţara noastră îl constituie apropierea acestuia de practică, de viaţă.

Dacă în cursul expunerii de pînă aici ne-am referit la corelaţia dintre fizică şi tehnică sub aspectul cercetării şi al producţiei, în cele ce urmează ne vom referi în special la problemele de învăţămînt şi la activitatea fizicianului respectiv inginerului — cadre didactice în învăţămîntul liceal şi tehnic profesional inclusiv conexiunea activităţii lor didactice şi ştiinţifice cu tehnica, cu lumea aplicaţiilor şi în general cu activitatea tehnico-productivă a elevilor.

După introducerea în ţara noastră începînd cu anul şcolar 1971—1972 a pregătirii tehnico-productive ca obiect de învăţămînt în şcoala de cultură

generală, fizicianul — profesor intră în legătură cu tehnica, cel puțin la nivel didactic, atît prin intermediul atelierului-școală cît și prin intermediul tutelării școlilor de către întreprinderile productive.

Deși nu ne-am propus a analiza în această expunere valențele instructiv-educative ale atelierului-școală, reliefăm totuși faptul că munca în acest loc al elevilor nu trebuie privită ca o activitate pur meșteșugărească, așa cum din păcate se mai concepe uneori, pentru că atelierul reprezintă și trebuie să reprezinte locul în care cunoștințele de matematică și în mod deosebit de fizică și chimie întîlnesc realitatea, căpătînd conținut și unitate.

Rolul profesorului de fizică devine foarte important în cadrul corelației fizică — tehnică prin intermediul atelierului-școală iar rezultatele obținute pînă în prezent în pregătirea tineretului pentru muncă ilustrează evident ideea expusă.

Predînd obiecte de cultură tehnică sau de strictă specialitate, în liceu, inginerul — cadru didactic se sprijină pe cunoștințele de fizică ale elevilor iar maiștrii-instructori pe cunoștințele însușite de elevi la clasă atît la obiectele de cultură tehnică sau specialitate cît și la fizică.

Ceea ce ni se pare deosebit de important din punctul de vedere al integrării școlii cu producția și cercetarea este faptul că în multe județe ale țării a început o bună colaborare între filialele S.S.F. Ch. județene și comisiile de ingineri și tehnicieni județene pe linia adoptării și utilizării anumitor metode și mijloace de apropiere a școlii de practică, de viață.

Sînt deja materializate o serie de studii și cercetări cu aplicație directă în producție — rod al colaborării profesorilor de fizică și chimie din licee cu specialiștii din producție. Este un început bun și promițător.

Multe din proiectele de diplomă ale absolvenților de liceu abordează teme cu aplicație directă în producție, acestea înscriindu-se în planurile tehnice ale întreprinderilor care tutelează liceele respective. Se înregistrează realizări meritorii din acest punct de vedere care atestă o corelație din ce în ce mai bună între fizică și disciplinele tehnice de specialitate, între munca fizicianului și a inginerului ca slujitori ai învățămîntului liceal și tehnic profesional.

Un număr din ce în ce mai mare de ingineri devin cadre didactice cu norma de bază în licee. Sînt dovezi ale traducerii în fapt a politicii partidului nostru cu privire la integrarea școlii cu cercetarea și producția. Eficiența procesului instructiv-educativ se află în continuă creștere prin contribuția și a unei mai bune colaborări între fizicieni și ingineri.

În sfîrșit prezentarea unei astfel de teme ar fi incompletă dacă ne-am opri aici, fără a ne referi asupra structurii legăturii fizică — tehnică în cadrul producției efective în care este angrenată marea masă a muncitorilor, maiștrilor și tehnicienilor.

În societatea socialistă, legătura muncitorilor cu știința și tehnica nu se manifestă în formă pasivă — de executare doar a unor operații de muncă dinainte prescrise, ci dimpotrivă în mod activ, prin contribuții personale la perfecționarea proceselor de producție.

Marea armată a inventatorilor și inovatorilor din țara noastră și realizările lor confirmă afirmația făcută.

Scanned with OKEN Scanner

De aici și înalta responsabilitate profesională a profesorului de fizică cu privire la contribuția sa în pregătirea și formarea muncitorului zilei de mîine.

Fără îndoială că scopul esențial din acest punct de vedere rămîne, realizarea capacității și a aptitudinii elevului de a fi în stare să privească conținutul abstract al unei științe prin prisma realității precum și formarea dragostei și entuziasmului pentru muncă și rezultatele acesteia.

MODELUL REPULSIEI PERECHII DE ELECTRONI PENTRU GEOMETRIA MOLECULARĂ

Prof. *ȘARPE AMALIA* *, Orșova

În ciuda progreselor recente în aplicarea teoriei orbitalelor moleculare la înțelegerea și precizarea formei moleculelor noțiunea de perechi de electroni introdusă pentru prima dată de G. N. Lewis a continuat să fie un concept deosebit de util. O pereche localizată de electroni poate fi privită ca o pereche de electroni care ocupă o orbitală localizată extinsă numai peste unul sau două centre atomice, deși în unele sisteme deficitare în electroni poate să se întindă și peste trei sau chiar patru centre atomice pe orbitale tricentrice sau tetracentrice.

Orbitale moleculare localizate și aranjarea perechilor de electroni

Conform teoriei perechilor localizate de electroni (sau teoriei repulsiei perechilor de electroni din stratul de valență R.P.E.S.V. în engleză VSEPR) aranjarea legăturilor în jurul oricărui centru atomic depinde de numărul perechilor de electroni care înconjoară atomul în cauză, și cum fiecare pereche de electroni ocupă o orbitală moleculară localizată, aranjarea va depinde de numărul orbitalelor moleculare localizate la care participă atomul și de dimensiunile relative și forma acestor orbitale.

Aranjamentul preferat a unui număr dat de perechi de electroni este acela care îi îndepărtează la maximum Acest lucru poate fi considerat ca o consecință directă a principiului de excluziune a lui Pauli, după care sînt admiși pe aceeași orbitală numai electroni cu spini opuși, în timp ce electronii cu același spin trebuie să se situeze pe orbitale diferite.

Fiecare pereche de electroni ocupă deci o regiune destul de bine definită a spațiului și alți electroni sînt practic excluși din acest spațiu. Deci orbitalele perechilor localizate de electroni se comportă ca și cum s-ar respinge unele pe altele, adoptînd acel aranjament, care le asigură distanță maximă reciprocă.

Se știe că aceste aranjamente ale electronilor (perechi) permit precizarea formei generale a oricărei molecule AX_n simplu din numărul perechilor de electroni liganzi și neliganzi din stratul de valență a atomului central A.

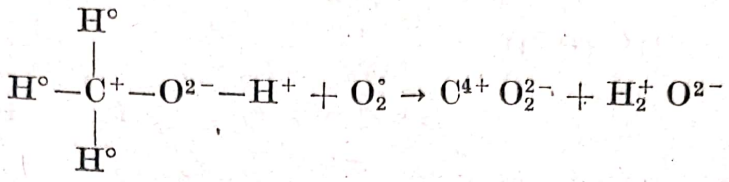
---

* Liceul de Marină.

Scanned with OKEN Scanner

Pornind de la metanol, putem scrie ecuația reacției de ardere:

$$CH_3OH + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$



$$3H^\circ \xrightarrow{-3e^+} 3H^+ \quad |\cdot 2 \qquad 6H^\circ \xrightarrow{-3e^-\cdot 2} 6H^+$$

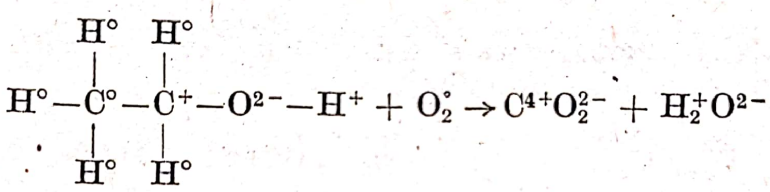
$$C^+ \xrightarrow{-3e^-} C^{4+} \quad |\cdot 2 \qquad 2C^+ \xrightarrow{-3e^-\cdot 2} 2C^{4+}$$

$$O^\circ \xrightarrow{+2e^-} O^{2-} \quad |\cdot 3\cdot 2 \qquad 6O^\circ \xrightarrow{+2e^-\cdot 3\cdot 2} 6O^{2-}$$

$$2CH_3OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 4H_2O$$

Ecuația de ardere a etanolului este:

$$C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$



$$5H^\circ \xrightarrow{-5e^-} 5H^+ \qquad 5H^\circ \xrightarrow{-5e^-} 5H^+$$

$$C^\circ \xrightarrow{-4e^-} C^{4+} \qquad C^\circ \xrightarrow{-4e^-} C^{4+}$$

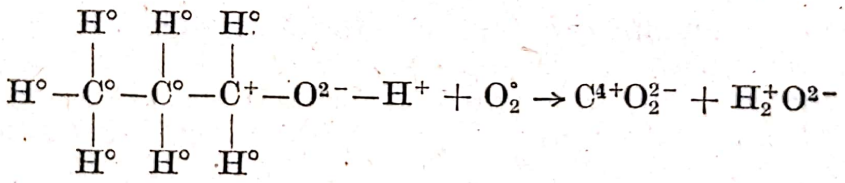
$$C^+ \xrightarrow{-3e^-} C^{4+} \qquad C^+ \xrightarrow{-3e^-} C^{4+}$$

$$O^\circ \xrightarrow{+2e^-} O^{2-} \quad |\cdot 6 \qquad 6O^\circ \xrightarrow{+12e^-} 6O^{2-}$$

$$C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$

Ecuația reacției de ardere a propanolului este:

$$C_3H_7OH + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$



$$7H^\circ \xrightarrow{-7e^-} 7H^+ \quad |\cdot 2 \qquad 14H^\circ \xrightarrow{-7e^-\cdot 2} 14H^\circ$$

$$2C^\circ \xrightarrow{-4e^-\cdot 2} 2C^{4+} \quad |\cdot 2 \qquad 4C^+ \xrightarrow{-4e^-\cdot 2\cdot 2} 4C^{4+}$$

$$C^+ \xrightarrow{-3^-} C^{4+} \quad |\cdot 2 \qquad 2C^+ \xrightarrow{-3e^-\cdot 2} 2C^{4+}$$

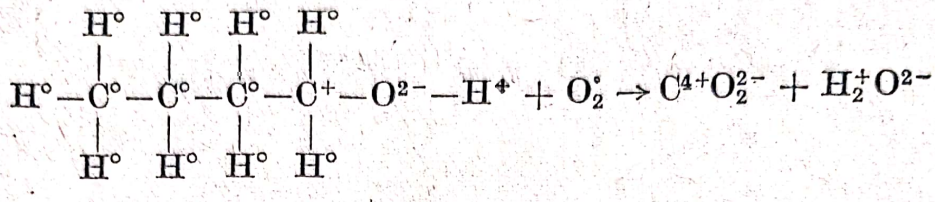
$$O^\circ \xrightarrow{+2e^-} O^{2-} \quad |\cdot 9\cdot 2 \qquad 18O^\circ \xrightarrow{+2e^-\cdot 9\cdot 2} 18O^{2-}$$

$$2C_3H_7OH + 9O_2 \rightarrow 6CO_2 + 8H_2O$$

Scanned with OKEN Scanner

Ecuația de ardere a butanolului este:

$$C_4H_9OH + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$$



$$9H^\circ \xrightarrow{-9e^-} 9H^+ \qquad 9H^\circ \xrightarrow{-9e^-} 9H^+$$
$$3C^\circ \xrightarrow{-3\cdot 4e^-} 3C^{4+} \qquad 3C^\circ \xrightarrow{-3\cdot 4e^-} 3C^{4+}$$
$$C^+ \xrightarrow{-3e^-} C^{4+} \qquad C^+ \xrightarrow{-3e^-} C^{4+}$$
$$O^\circ \xrightarrow{+2e^-} O^{2-} \quad |\cdot 12 \qquad 12O^\circ \xrightarrow{+12e^-\cdot 2} 12O^{2-}$$

$$C_4H_9OH + 6O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O$$

Generalizînd acest proces și scriind ecuația reacției de ardere aplicată la formula generală a alcoolilor rezultă:

$$C^\circ_{n-1}H^\circ_{2n+1}C^+O^{2-}H^+ + O^\circ_2 \rightarrow C^{4+}O^{2-}_2 + H^+_2O^{2-}$$

$$(n-1)C^\circ \xrightarrow{-4e(n-1)} (n-1)C^{4+} \quad |\cdot 2 \qquad 2(n-1)C^\circ \xrightarrow{-4e-(n-1)\cdot 2} 2(2n-1)C^{4+}$$
$$(2n-1)H^\circ \xrightarrow{-1e^-\cdot(2n+1)} 2(n-1)H^+ \quad |\cdot 2 \qquad 2(2n+1)H^\circ \xrightarrow{-1e(2n+1)\cdot 2} 2(2n+1)H^+$$
$$C^+ \xrightarrow{-3e^-} C^{4+} \quad |\cdot 2 \qquad 2C^+ \xrightarrow{-3e^-\cdot 2} 2C^{4+}$$
$$O^\circ \xrightarrow{+2e^-} O^{2-} \quad |\cdot 3n\cdot 2 \qquad 6nO^\circ \xrightarrow{+12e^-\cdot 6u} 6nO^{2-}$$

$$\boxed{2C_{n-1}H_{2n+1}COH + 3nO_2 \rightarrow 2nCO_2 + 2(n+1)H_2O}$$

Studiind mai multe exemple, se constată o regularitate în calcularea coeficienților în reacțiile de ardere:

— la alcoolii saturați cu număr impar de atomi de carbon, numărul molilor de alcool participanți la reacție este par, iar nunărul molilor de oxigen este impar:

$n = 5$ $2C_5H_{12}OH + 15O_2 \rightarrow 10CO_2 + 12H_2O$

$n = 7$ $2C_7H_{15}OH + 21O_2 \rightarrow 14CO_2 + 16H_2O$

$n = 9$ $2C_9H_{19}OH + 27O_2 \rightarrow 18CO_2 + 20H_2O$

$n = 11$ $2C_{11}H_{23}OH + 33O_2 \rightarrow 22CO_2 + 24H_2O$

$n = 13$ $2C_{13}H_{27}OH + 39O_2 \rightarrow 26CO_2 + 28H_2O$

Scanned with OKEN Scanner

ALGORITMUL ŞI ROLUL LUI ÎN REZOLVAREA PROBLEMELOR DE CHIMIE

Prof. *POPA ION* *, prof. *MATEI ION* **, Piteşti

Algoritmul este un procedeu bine determinat de a rezolva o problemă de un anumit tip. În sens didactic algoritmul este definit ca un sistem de operaţii mintale care trebuie să se efectueze într-o anumită ordine în scopul de a da elevului cheia pentru a recunoaşte în orice situaţie noţiunea respectivă, efectuînd acelaşi sistem de operaţii.

Dacă algoritmul este urmat corect după un număr de operaţii se va găsi în mod cert soluţia problemei. Prima problemă se înţelege o chestiune practică sau teoretică ce trebuie rezolvată.

Algoritmul exprimă sintetic structura logică internă a rezolvării problemei. El se poate prezenta sub forme diferite:

— sub forma unui model sau a unei scheme de desfăşurare a unui raţionament logic;

— sub forma unor instrucţiuni tip care ghidează activitatea într-un domeniu oarecare. Aceste instrucţiuni cuprind îndrumări exacte într-o ordine precis stabilită.

— sub formă de reguli de calcul sau sub. forma unor formule şi operaţii. Vom da cîteva exemple de algoritmi prezentaţi sub forme diferite.

1. Algoritm sub formă de model de desfăşurare a unui raţionament

Se dă algoritmul completării straturilor electronice cu electroni:

$$1s\ 2s2p\ 3s3p\ 4s3d4p\ 5s4d5p\ 6s5d^1\ 4f5d6p\ 7s6d^1\ 5f6d7p$$

Cunoscînd structura electronică se determină precis:

— sarcina nucleară (nr. de protoni)

— perioada în care se află elementul (după nr. de straturi)

— grupa (după nr. de electroni al ultimului strat şi tipul orbitalului în care se termină completarea. Dacă se termină în s sau p este în grupă principală, în d este grupă secundară şi în f este lantanid sau actinid).

— caracterul electrochimic

— valenţa

— proprietăţile elementului

Exemple de probleme rezolvate cu ajutorul acestui algoritm.

a) Caracterizaţi elementul cu $Z = 37$

Rezolvare:

— are următoarea structură electronică

$$1s^2\ 2s^22p^6\ 3s^23p^6\ 4s^23d^{10}\ 4p^65s^1$$

— elementul are 37 de protni şi 37 electroni

— este în perioada a 5-a (are 5 straturi electronice)

* Liceul Industrial nr. 3
** Liceul Industrial nr. 2

Scanned with OKEN Scanner

— este în grupa I-a (are un singur electron pe ultimul strat)
— este un metal, are valenţa 1.
— cedează foarte uşor electronul de pe ultimul strat şi rezultă cu ion cu sarcina +1. Poate să reacţioneze cu toate elementele care sînt capabile să accepte electroni.

b) Ce puteţi spune despre elementul cu $Z = 58$ fără să vă uitaţi în sistemul periodic.

Rezolvare :
— are structura electronică

$$1s^2\ 2s^2 2p^6\ 3s^2 3p^6\ 4s^2 3d^{10} 4p^6\ 5s^2 4d^{11} 5p^6\ 6s^2 5d^1 4f^1$$

— are 58 de protoni şi 58 de electroni
— este în perioada a 6-a (are 6 straturi electronice)
— este un lantanid pentru că se completează cu electroni orbitalele substratului 4f
— este un metal cu valenţă variabilă (poate avea valenţele 3 şi 4).

2. Algoritmi sub formă de instrucţiuni pentru efectuarea unei lucrări practice.

Purificarea unei substanţe solide care se găseşte într-un amestec şi verificarea purităţii substanţei obţinute se realizează prin efectuarea următoarelor operaţii în ordinea dată :
— dizolvarea substanţei într-un solvent selectiv ;
— filtrarea, pentru îndepărtarea părţii nedizolvate (impurităţile se găsesc aici) ;
— recristalizarea substanţei din soluţie ;
— filtrarea substanţei recristalizate ;
— uscarea substanţei ;
— determinarea punctului de topire. Dacă punctul de topire nu este cel cunoscut, se repetă operaţiile. Impurităţile scad punctul de topire.

Exemplu de lucru cu acest algoritm.

Separaţi acidul benzoic din amestecul lui cu clorura de sodiu.

Rezolvare :
— se alege un solvent care să dizolve acidul benzoic dar să nu dizolve NaCl (ex. benzenul) ;
— se filtrează pentru a separa soluţia de sarea care nu s-a dizolvat ;
— se recristalizează acidul benzoic prin concentrarea soluţiei de răcire
— se filtrează pentru separarea cristalelor de acid benzoic
— se filtrează pentru separarea cristalelor de acid benzoic ;
— se usucă bine pentru îndepărtarea urmelor de solvent ;
— se determină punctul de topire pentru a verifica puritatea (Acidult benzoic are p. t. = 122°).

3. Algoritmi sub formă de reguli de calcul

Pentru stabilirea formulei chimice a uni substanţe trebuie să se respecte următoarea succesiune logică de operaţii :
— calculul compoziţiei procentuale a substanţei ;

Scanned with OKEN Scanner

— împărţirea procentului la masa atomică;
— raportarea la numărul cel mai mic;
— stabilirea formulei brute;
— stabilirea formulei moleculare;

Exemplu de rezolvare cu acest algoritm:

Să se stabilească formula chimică a compusului care conţine 43,4% Na; 11,3% C; 45,3% O.

Rezolvare:

Compoziţia procentuală în acest caz este dată. Se împart procentele la masele atomice:

$$Na\ \frac{43,4}{23} = 1,88 \quad C : \frac{11,3}{12} = 0,94 \quad O : \frac{45,3}{16} = 2,83$$

Se împarte la numărul cel mai mic:

$$Na = \frac{1,88}{0,94} = 2; \quad C = \frac{0,94}{0,94} = 1; \quad O = \frac{2,83}{0,94} = 3$$

Formula chimică a compusului este Na_2CO_3.

Se recomandă ca profesorul să nu transmită algoritmii ca pe nişte reţete care să se înveţe mecanic, ci să obişnuiască pe elevi cu anumite moduri de lucru raţionale care să le dezvolte gîndirea. Elevul trebuie să fie condus cînd lucrează, în aşa fel încît, să poată găsi singur algoritmul Trebuie să se reţină faptul că nu orice problemă se poate rezolva cu algoritmi. Sînt foarte multe probleme care nu se pot rezolva prin algoritmizare.

LIMBAJUL ŞTIINŢIFIC PRESUPUNE ACCESIBILITATE ŞI „REZONANŢE"

Prof. *RUSU OCTAVIAN*, ing: *RUSU ELENA* Bucureşti

Şcoala ca instituţie integrată în procesul de educaţie permanentă, trebuie în mod organizat şi sistematic să înveţe elevul să pătrundă în problemele fundamentale şi complexe ale vieţii. De exemplu, poluarea chimică, radioactivă sau sonoră sînt probleme majore cu caracter complex: vital şi politic.

Trebuie făcută o propagandă sistematică pentru păstrarea nealterată a mediului ambiant, în condiţiile dezvoltării intensive a tehnicii, a ştiinţei şi a industriei, pentru formarea comportamentului adecvat al oamenilor de astăzi şi de mîine.

Astfel, vor putea răspunde la întrebările „unde trăim?" şi „cum trăim?". Conferinţa O.N.U. pentru problemele mediului înconjurător (Stockholm 1972) cheamă Omul, atît de capabil şi inventiv să găsească soluţii să menţină mediul înconjurător într-o stare demnă de el. Această propagandă, ca de altfel tot ce spunem elevilor sau studenţilor trebuie spus într-o limbă inteligibilă cu rezonanţe adînci. Un învăţămînt formativ necesită învăţarea elevilor de a-şi pune întrebări, pentru că ei vor fi

specialiştii de mîine, care vor lucra în domenii unde nu sînt obţinute răspunsuri la toate întrebările. Să nu ne fie teamă cînd pun întrebări la care nici noi nu ştim răspunsul. Să-l căutăm împreună

Ultralogosfera e formată din cuvinte ,,tari'' sau ambiguie, necunoscute. Acestea creează după prelucrare reacţii ale organismului, expresii ale feţei, stare de stress, circulaţie subcutanată mai puternică, încordări ale feţei de la caz la caz. Mesajul profesorului ajunge la elevi sau studenţi, purtînd aceeaşi semnificaţie pentru ei? Atunci de ce se vaită profesorul că repetă un lucru de zeci de ori şi elevii tot nu l-au înţeles? Neavînd toţi aceeaşi structură psihică, nu reacţionează toţi la fel la stimulii acustici sau vizuali, în conştiinţa lor intrînd direct (nu reelaborat în minte), reprezentări diferite. Comunicarea e receptată mai mult sau mai puţin deformată, datorită filtrării prin ,,eul'' personal. Acest fapt e analog transmiterii mesajului prin radio sau T.V., care poate fi distorsionat cînd postul nu e bine selectat, perturbat de paraziţi sau spus într-o limbă necunoscută. Se poate afirma că se obţine un efect analog, dacă limba este parţial cunoscută din experienţa de viaţă personală sau dacă tratează un subiect dificil, folosindu-se expresii corect ştiinţifice, dar necunoscute (neologismele pentru ei).

Altfel, elev sau student se plictiseşte, devine neatent, nervos. Neologismele ştiinţifice trebuie definite cu grijă, de asemenea, cuvintele care în viaţa cotidiană au alt sens, pentru a nu da naştere la ambiguităţi.

Diversele tematici de la un obiect de studiu sau altul, cer şi o dozare meticuloasă a noului ce se prelucrează cu elevii sau studenţii. Se ştie că şi un adult şi un elev nu vor avea în procesul muncii fizice sau intelectuale, dozată atenţia în mod uniform în timp. În afară de particularităţile de vîrstă, mai există şi particularităţi individuale (atitudini, motive, aptitudini). E important ca elevul slab dotat sau fără aptitudini la o disciplină să nu fie jignit cu cuvinte tari, lezat în personalitatea lui umană. Acest fapt ne obligă, ca profesori, să oferim fiecărui elev ample posibilităţi de a învăţa, de a-l atrage spre puterea ştiinţei, potrivit cu înzestrarea personală. Profesorul trebuie să aibă eficienţă şi claritate în exprimare, să-şi aleagă judicios exemplele, modelele legate de viaţa trăită a elevilor, să urmărească concordanţa între concepte şi exprimări, să fie sugestive sau plastice, să găsească punctele de plecare din limbajul ştiinţific cunoscut şi să dezvolte apoi limbajul ştiinţific adecvat capacităţii medii a elevilor. Aceştia au capacităţi şi viteza de recepţionare a mesajelor mai reduse decît a profesorului ,,expert''. Se impune să fim în ritm cu elevii în reelaborarea mesajului şi învăţare. Rirtmul nu trebuie să fie monoton ca debit şi nici ca intensitate.

Alternarea unor metode de învăţare e binevenită pentru că formează ritmuri diferite. O anume metodă poate să fie optimă pentru un elev sau altul. Spunem că informaţia recepţionată şi prelucrată se face în ritmul dorit de profesor, de planificare a acestuia, dar şi a elevilor. Se ajunge astfel la o sensibilizare, înţelegere a sensului semantic, trăire integrare, interiorizare şi conştientizare. Altfel spus am ajuns la ,,rezonanţă'' (expresie preluată din fizică).

Efectul în integrarea cunoştinţelor e maxim. Profesor şi elev sînt pe aceeaşi lungime de undă, frecvenţa de excitaţie cu noile cunoştinţe e apropiată de cea de asimilare, transferul e optim.

Scanned with OKEN Scanner

Elevii au diverse stări psiho-fiziologice, deficienţe ale organelor senzoriale. Caracteristicile obiective ale stimulului fizic sau chimic modifică senzaţia.

Cunoştinţele căpătate din viaţa cotidiană şi din experienţele de laborator se bazează pe percepţia senzorială. Calităţile senzoriale diferă de la individ la individ (tricromaţi, daltonişti etc.). Acestea sînt absenţe în modelul lumii exterioare elaborat cu ajutorul descoperirilor ştiinţifice. Noţiunile ştiinţifice nu se bazează pe invenţiile şi percepţiile unui individ, ştiinţa fiind o creaţie colectivă. Pe aceşti elevi, în urma exerciţiului şi sugestiei împotriva miopiei medicale sau ştiinţifice, îi putem face să vadă cu „ochii minţii", la fel cum vedem şi noi toţi, atomii şi moleculele.

Trebuie să ţinem cont că ceea ce profesorului i se pare banal, neesenţial, în procesul de asimilare al elevilor şi integrare a noului în conexiuni mai vechi, poate fi esenţial. Explicaţia corect ştiinţifică, cu lux de amănunte cum se spune, poate fi obositoare, dacă se exagerează. Dar esenţialul trebuie căutat cu grijă. Un fapt aparent mărunt, este o cărămidă lipsă la baza edificiului ştiinţific ce urmează să se construiască în continuare şi după o vreme fiind şubred se clatină şi nu se mai poate ridica mai sus spre culmile ştiinţei. Analog este şi în ştiinţă: „cea mai mare descoperire pe care ştiinţa a făcut-o în materie de descoperire a fost recunoaşterea faptului că un lucru banal în aparenţă — ba chiar ceva care pare a fi decît o simplă curiozitate — poate constitui cheia pentru înţelegerea celor mai profunde priceperi ale naturii" (G. Thomson în lucrarea „Inspiraţie şi descoperire").

Saltul la o nouă calitate în învăţămînt se poate realiza prin încercarea de a dezvolta efortul spiritual, de a da cîmp liber de acţiune gîndirii, imaginaţiei, de a dezvolta perseverenţa şi dăruirea conştientă căutărilor de nou. Aceasta va duce mereu la metoda învăţării descoperirilor vechi şi apoi a celor noi cu aplicaţii în tehnica de mîine ce va schimba radical activitatea Omului. Dezvoltînd creativitatea şcolară a elevilor nu trebuie să-i distrugem din faşă, tratîndu-i nediferenţiat ca şi cum ar fi toţi o apă şi-un pămînt. Şi de unii şi de alţii avem nevoie.

Profesorilor le-ar fi foarte utile, nu numai lecţii de televiziune şcolară integrată, ci din mulţimea de emisiuni şi seriale ştiinţifice (radio, T.V. şi cinematografie) să fie selectate şi formată o filmotecă ştiinţifică care să fie reluată ciclic prin T.V. (anual în concordanţă cu programa şcolară) sau diapozitive, venind în sprijinul şi în completarea orelor de fizică, chimie şi a altor discipline şcolare, folosind metodele active a studiului de caz, a dramei ştiinţifice, arătînd noile descoperiri sau cuceririle actuale din domeniul disciplinei ştiinţifice respective. Numai aşa putem ridica receptivitatea şi sensibilitatea elevilor, vom fi în pas cu ştiinţa şi vom face un învăţămînt modern, activ, ajutînd în viitor prin aceşti elevi de astăzi progresul accelerat al ştiinţei.

Scanned with OKEN Scanner

ACIZI — BAZE ÎN CHIMIA ORGANICĂ

Prof. *MIRON FLORICA* *, Iași

Concepte moderne asupra caracterului acid sau bazic

1. *Teoria disociației ionice* a fost elaborată de chimistul suedez Svante Arrhenius în anul 1887, pentru a explica fenomenul prezentat de numeroase substanțe (ex. HCl, H_2SO_4, NH_3, CH_3COOH) care în stare pură nu conduc curentul electric, în timp ce în soluție apoasă sînt bune conducătoare de electricitate.

Conform acestei teorii, acizii sînt substanțe care în soluție apoasă se ionizează cu formare de ioni H_3O^+, iar bazele cu formare de ioni HO^-.

$$HCl + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + :\ddot{Cl}:^-$$

$$\ddot{N}H_3 + HOH \rightleftarrows NH_4^+ + HO^-$$

Prin reacția de neutralizare dintre acizi și baze va rezulta o sare și apă. Anionii sării sînt anionii acidului, iar cationii sării sînt cationii bazei.

Ulterior, s-a dovedit că această teorie este limitată doar la soluțiile apoase ale acizilor și bazelor.

2. *Teoria protolitică a acizilor și bazelor.*

În anul 1923 J. N. Brönsted și independent de acesta T. M. Lowry propun o teorie nouă despre acizi și baze.

Acidul este o specie chimică (moleculară, cation, anion) capabilă să cedeze protoni, iar o bază este o specie chimică care prezintă electroni neparticipanți, capabilă să accepte protoni.

$$\underset{\text{acid}}{HA} + \underset{\text{bază}}{B:^-} \rightarrow \underset{\substack{\text{bază}\\\text{conjugată}}}{A:^-} + \underset{\substack{\text{acid}\\\text{conjugat}}}{BH}$$

Potrivit definiției, un acid cedînd un proton unei baze se transformă într-un acceptor de protoni, bază conjugată a acidului iar baza după acceptarea protonului devine un acid, acidul conjugat al bazei.

Teoria protolitică prezintă avantajul ca fiind mai cuprinzătoare, poate fi extinsă la specii neutre electric în orice fel de mediu, a permis înțelegerea mecanismului reacțiilor catalizate de acizi și baze.

Teoria prevede că cu cît va fi mai puternic acidul, cu atît va fi mai slabă baza conjugată și invers.

---

* Liceul Economic

Scanned with OKEN Scanner

Perechile acid-bază conjugate pot fi exemplificate prin reacţia acizilor carboxilici cu aminele:

$$\underset{\text{acid}}{R-COOH} + \underset{\text{bază}}{R'-\ddot{N}H_2} \rightarrow \underset{\substack{\text{bază}\\\text{conjugată}}}{R-COO^-} + \underset{\substack{\text{acid}\\\text{conjugat}}}{R'-\overset{+}{N}H_3}$$

Factorul determinant al reacţiei acid-bază este disocierea unui acid în baza sa conjugată şi un proton, dar, deoarece protonii nu există niciodată în soluţie ca entităţi izolate, trebuie să existe întotdeauna o moleculă de bază pentru a îndepărta protonul de la acidul conjugat.

Baza care serveşte la îndepărtarea protonului este o moleculă de solvent, de obicei apa:

$$\underset{\text{acid}}{CH_3COOH} + \underset{\text{bază}}{H_2\ddot{O}:} \rightleftarrows \underset{\substack{\text{bază}\\\text{conjugată}}}{CH_3COO^-} + \underset{\substack{\text{acid}\\\text{conjugat}}}{H_3O^+}$$

Acesta este un proces de echilibru, iar viteza transferului de proton la acizii protonici şi bazele obişnuite este extrem de rapidă, astfel încît echilibrul este atins aproape instantaneu.

Aplicînd legea acţiunii maselor acestui echilibru pentru soluţii diluate, constanta de echilibru va fi egală cu:

$$K = \frac{[CH_3COO^-]\cdot[H_3O^+]}{[CH_3COOH]\cdot[H_2O]}$$

Deoarece concentraţia solventului este de fapt constantă, se notează constanta de ionizare sau disociere cu K_a, care se numeşte constantă de aciditate.

$$K_a = K\cdot[H_2O] = \frac{[CH_3COO^-]\cdot[H_3O^+]}{[CH_3COOH]} = 1{,}75\cdot10^{-5}$$

Constanta de aciditate este o măsură a tăriei acizilor, cu cît K_a are o valoare numerică mai mare, acidul va fi mai tare.

Apa are un efect de nivelare a diverşilor acizi. La dizolvarea acestora în apă, se formează în toate cazurile ioni hidroniu. Deci în apă nu poate exista un acid mai tare ca ionul de H_3O^+.

Efectul nivelării acizilor tari poate fi eliminat folosind un solvent mai acid decît apa, ca de exemplu acidul acetic anhidru, care ca şi aceasta are caracter amfoter.

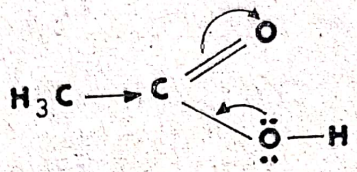
$$\underset{\substack{\text{acid}\\\text{tare}}}{HA} + \underset{\text{bază}}{CH_3-C(=\ddot{O}:)-OH} \rightleftarrows \underset{\substack{\text{bază}\\\text{conjugată}}}{A:^-} + \underset{\text{acid conjugat}}{CH_3-\overset{+}{C}(OH)_2}$$

Astfel, de pildă, acidul azotic ca și acidul percloric care se comportă la fel de tari în soluție apoasă, la dizolvarea în acid acetic se diferențiază net

La aceeași concentrație acidul percloric este apreciabil mai tare ca acidul azotic. În acidul sulfuric pînă și acizul azotic se comportă ca o bază.

$$2H_2SO_4 + HONO_2 \rightleftarrows H_3O^+ + NO_2^+ + 2HSO_4^-$$

Dintre acizii monocarboxilici saturați tăria cea mai mare o prezintă acidul formic. La acidul acetic, radicalul metil, respingător de electroni slăbește conjugarea $p-\pi$ a grupei carboxil și protonul se desprinde mai greu.



Acizii dicarboxilici sînt mai tari decît acizii monocarboxilici.

Tăria crește de la acizii dicarboxilici cu grupele carboxil apropiate.

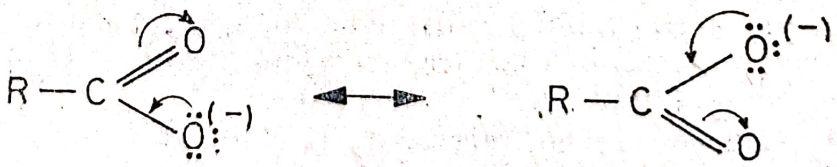
Cel mai tare acid dicarboxilic este acidul oxalic.

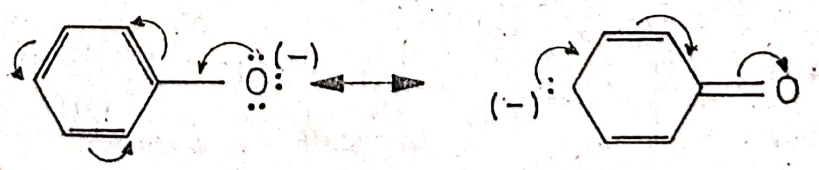
$$\begin{matrix}COOH\\|\\COOH\end{matrix} + H_2\ddot{O}: \rightleftarrows H_3O^+ + \begin{matrix}COO^-\\|\\COOH\end{matrix}$$

În soluții concentrate ionizează însă o singură grupare carboxil pentru că protonul celei de-a doua grupe migrează la prima.

Acizii carboxilici cînt destul de tari pentru a schimba culoarea turnesolului în roșu sau să decoloreze soluția de fenolftaleină înroșită de baze.

Sînt mai tari decît acizii: H_2CO_3, HCN, C_6H_5OH pe care îi deplasează din sărurile lor, dar sînt acizi slabi în comparație cu H_2SO_4, HNO_3, HCl de aceea sînt puși în libertate de acești acizi. Aciditatea mare a acizilor carboxilici și fenolilor, în comparație cu a alcoolilor, se datorește stabilizării anionului prin rezonanță.





Efectele inductive influențează aciditatea și bazicitatea.

Introducerea în moleculă a unor grupe electronegative (Cl, NO_2, OH) mărește tăria acidului, deoarece deplasează electronii spre ele, protonul putînd fi mai ușor cedat.

De exemplu la:

$$CH_3-COOH \quad K_a = 1{,}75 \cdot 10^{-5}$$

$$\begin{matrix} CH_2-COOH \\ | \\ Cl \end{matrix} \quad K_a = 1{,}36 \cdot 10^{-3}$$

iar la:

Introducerea unor grupe electropozitive în moleculă ($-CH_3$, $-NH_2$) micșorează tăria acizilor.

Modificarea tăriei acidului este cu atît mai pronunțată, cu cît grupa activă este mai apropiată de funcția acidă.

În chimia organică aminele pot fi considerate ca baze tipice ca și amoniacul datorită faptului că posedă la azot o pereche de electroni neparticipanți la legătură. În apă are loc o reacție în care se formează ioni hidroxil.

$$\underset{\substack{\text{bază}\\(\text{amină terțială})}}{R_3\ddot{N}} + \underset{\text{acid}}{HOH} \rightleftarrows \underset{\substack{\text{acid conj.}\\(\text{hidroxid de alchil amoniu})}}{R_3\overset{+}{N}H} \quad \underset{\text{bază conj.}}{OH^-}$$

Pentru soluții diluate se aplică legea acțiunii maselor:

$$K = \frac{[R_3\overset{+}{N}H] \cdot [HO^-]}{[R_3N] \cdot [H_2O]}$$

$$K_b = K \cdot [H_2O] = \frac{[R_3\overset{+}{N}H] \cdot [OH^-]}{[R_3N]}$$

Constanta de bazicitate este o proprietate caracteristică a fiecărei amine. Cu cît o amină este o bază mai tare, cu atît K_b are o valoare numerică mai mare.

CH_3-NH_2	$(CH_3)_2NH$	NH_3	$C_6H_5-NH_2$
$K_b = 4 \cdot 10^{-4}$	$K_b = 5 \cdot 10^{-4}$	$K_b = 1{,}8 \cdot 10^{-5}$	$K_b = 4 \cdot 10^{-10}$

Din exemplele de mai sus, se vede că grupele metil fiind respingătoare de electroni, măresc densitatea de electroni de la azot, fac ca perechea de electroni neparticipanți de la azot să fie mai disponibilă pentru legarea unui proton, bazicitatea crește.

Dimpotrivă, gruparea fenil, fiind atrăgătoare de electroni, micșorează densitatea de electroni de la azot, bazicitatea scade. Constanta de

Scanned with OKEN Scanner

bazicitate cît şi constanta de aciditate este independentă de concentraţia soluţiei, dar este dependentă de temperatură.

Prin convenţie s-a ales temperatura standard de 25°C (298°K) pentru a putea compara între ele tăriile diferiţilor acizi sau a diferitelor baze.

În soluţiile apoase nu poate exista o bază mai tare ca ionul hidroxil HO^-, în (lţi solvenţi, există baze mai tari decît HO^-.

De exemplu, alcoolii (ex. $CH_3—OH$, $C_2H_5—OH$ etc.) şi amoniacul, NH_3, reacţionînd cu sodiu metali, Na, formeaz alcoxizi (RO^-Na^+) şi respectiv amidură de sodiu ($NH_2^-Na^+$) baze mai tari decît ionul de hidroxid, HO^-.

$$C_2H_5—OH + Na \rightarrow C_2H_5—O^-Na^+ + 1/2H_2$$

$$NH_3 + Na \rightarrow NH_2^-Na^+ + 1/2H_2$$

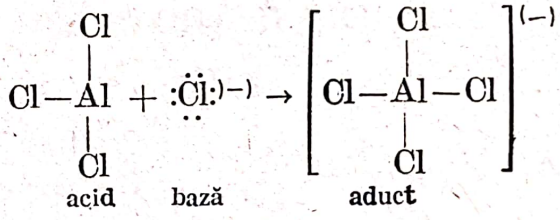
În soluţie apoasă, aceste baze puternice $C_2H_5O^-$ şi NH_2^- reacţionează complet cu apa, conform ecuaţiei :

$$C_2H_5O^- + H—\ddot{O}: \rightarrow H\ddot{O}:^{(-)} + C_2H_5—OH$$

$$NH_2^- + HOH \rightarrow NH_3 + HO^-$$

Deoarece în soluţia apoasă nu mai există decît ioni de hidroxid HO^-, aceştia imprimă soluţiei caracter bazic puternic.

3. În 1938 *Lewis* defineşte acizii ca substanţe capabile să primească perechi de electroni cu formare de configuraţii stabile, iar bazele ca substanţe capabile să cedeze perechi de electroni



acid bază aduct

Definiţia bazelor corespunde cu cea a lui Brönsted, deoarece protonul nu poate fi acceptat decît de molecule sau ioni care dispun de electroni neparticipanţi.

Definiţia acizilor este însă mai largă, cuprinzînd şi molecule care nu pot ceda protoni, dar au locuri vacante pentru electroni în stratul de valenţă (SO_3, BF_3, $FeBr_3$, H^+, Ag^+, Cu^{2+} etc.).

Definiţia lui Lewis nu cuprinde însă acizii care cedează protoni.

Această teorie tratează echilibrele acidobazice, independent de solvent, ca pe nişte fenomene de oxido-reducere, cu diferenţa că ele conduc la substanţe cu legături covalent-coordinative numite aduct.

4. În 1939 — *Usanovici* numeşte acid (indiferent de natura solventului) orice substanţă capabilă să cedeze particule pozitive, inclusiv cationi ori protoni, sau să primească particule negative, inclusiv anioni şi electroni.

Scanned with OKEN Scanner

După această teorie sînt acizi toţi cationii care se pot combina cu ionii HO^-, S^{2-} etc., formînd hidroxizi, sulfuri etc.

Se consideră baze substanţele capabile să cedeze particule negative, inclusiv anioni şi electroni, sau să capteze particule pozitive, inclusiv cationi şi protoni.

Această teorie este şi mai generală, în echilibrele acido-bazice sînt incluse şi echilibrele redox.

SĂ INTRODUCEM ÎN FIZICA DIDACTICĂ (OBIECT DE ÎNVĂŢĂMÎNT) UTILUL INTERDISCIPLINAR ŞI NOUTATEA ŞTIINŢIFICĂ

Prof. *RUSU OCTAVIAN*, Bucureşti

Într-o discuţie cu un autor de manuale şcolare, domnia sa afirma că inginerii atacă fizicienii pentru că nu ştiu să scrie cărţi de fizică pentru elevi. Din această cauză au apărut la disciplinele tehnice un manual de mecanică şi unul de electrotehnică pentru profilul industrial reluînd noţiunile de fizică. Parţial inginerii au dreptate. În ultimii ani s-a renunţat uşor la cîteva programe şi manuale de fizică structurate pe o fizică conceptuală sau tradiţională. E normală această căutare a optimizării programei şi metodologiei. Dar poate nu ştim să dăm elevilor ceea ce este esenţial şi important în aplicarea şi extinderea fizicii cu rezonanţe majore în studiul disciplinelor tehnice şi în viaţă. Fizica tradiţională mai poartă lestul de experimente fără valoare didactică.

Vitalitatea fizicii din cercetare nu se oglindeşte în fizica didactică, dar aceasta din urmă operează cu conceptele fizicii ca ştiinţă.

Dacă în şcoala generală şi în prima treaptă de liceu este strict necesar experimentul de laborator frontal, pe grupe de elevi, al studiului mişcării mecanice, ale fenomenelor electrice şi magnetice, al verificărilor de legi şi determinărilor de constante fizice, în treapta a doua de liceu, dar începînd chiar cu clasele a IX-a şi a X-a e important experimentul demonstrativ al profesorului (care e unicat în laboratorul şcolii şi trebuie pregătit cu multă grijă, fiind şi costisitoare aparatura), sau filmul şi diapozitivul integrat în lecţie. Altfel, mijloacele „mass media" depăşesc şi atrag mai mult elevii (vezi emisiunile T.V.).

Fizica sterilă, a face uneori din fizică ceva de dragul fizicii, pentru toţi elevii ţării, nu a dat şi nu va da roade. Atunci cînd vom introduce ce este util şi nou, elevii cu şi fără aptitudini, formînd atitudini, îşi vor pune întrebări, frămîntîndu-se ca după filmele difuzate în serialul de joi seara la televizor sau după emisiunile lui A. Bacalu.

Pentru că inovaţii în învăţămînt se pot face luînd ce este necesar şi util nu trebuie uitat că : Ex : 1. — în cursul de electricitate al acad. Th. Ionescu sînt amintite multe lucruri ce ar trebui incluse în orele de fizică (exemplu cercetările Galvani şi Volta sînt puncte de plecare în electricitate şi în biofizica modernă) ; 2. — ani de zile s-au predat cu folos noţiuni de hidrometrie, circuite magnetice, magnetism terestru ; 3. — interferenţă acustică cu tubul Quinck, modernizat în acustică vizualizată folosind un traductor (microfon şi amplificator) şi un osciloscop are alt randament didactic.

Dar mai trebuie ceva :

— dacă în urmă cu două decenii trebuia să aibă loc în programa de fizică circuitele electronice cu tuburi, azi trebuie să-şi facă loc elemente de sinteza şi analiza circuitelor electronice cu dispozitive semiconductoare. Altfel fizica dispozitivelor semiconductoare e preluată de disciplinele tehnice (vezi cursul de componente şi circuite electronice).

— elemente de biofizică modernă şi geofizică.

Elevii de astăzi au atracţie pentru nou. Nu mai acceptă ideea să înveţe de dragul de a învăţa, şi a face experimente devenite tradiţionale în liceu sau facultăţi de dragul experimentelor (cînd o grupă află rezultatele experimentului de la grupa care făcuse acelaşi experiment mai înainte, prin rotaţia grupelor).

Învăţînd elevii şi studenţii nu să răspundă la întrebări, ci să pună întrebări profesorului şi să-şi pună întrebări despre complexitatea interacţiunii fizică — om — mediu, vor apare răspunsurile majore ale ştiinţei moderne : „pentru ştiinţele naturii obiectul cercetării nu-l mai reprezintă natura în sine, ci natura supusă întrebărilor omului, astfel că şi în acest domeniu omul nu se întîlneşte din nou decît cu el însuşi" — (W. Heisenberg — Paşi peste graniţe).

Deci, a introduce fizica secolului XX cu trimiteri interdisciplinare în orele de fizică din licee, nu poate duce decît la generaţii de oameni mai pregătiţi, mai capabili să facă faţă noilor întrebări ale secolului nostru şi ale mileniului trei, referitoare la om şi la planeta omului la perioada cînd tehnica îl va elibera de munca fizică şi intelectuală de rutină, dîndu-i omului importantul drept la instruire permanentă şi respecializare continuă. Intruducînd în orele de fizică noţiunile de cîmp aeroelectric şi electricitate atmosferică, vom putea pune întrebarea dacă energia descărcărilor electrice naturale (fulgere şi trăznete) nu s-ar putea folosi, ţinînd cont de marea şi capitala problemă a secolului : care sînt noile surse de energie nepoluante?

Elevii vor tresări emoţionaţi la gîndul unei asemenea soluţii, ţinînd cont că la nivelul planetei anual au loc peste un miliard de trăsnete. Curentul trăsnetului putînd atinge valori medii de 50.000 A, să considerăm o valoare medie a duratei de ordinul 10^{-6} sec şi o rezistenţă de 10 Ω. Energia transformată în căldură prin efect Joule este de 25.10^3 J. Puterea este mare, dar energia este mică, mai mică decît energia consumată de un fier electric de călcat. Energia calculată este doar o parte din energia totală a descărcării trăsnetului, cealaltă parte pierzîndu-se prin scîntei în aer, neputîndu-se folosi. Dar elevii îşi dau seama că această energie nu e rentabilă, dacă punem şi problema instalaţiilor necesare. Elevii vor fi dezamăgiţi. Trebuie să-i învăţăm pe elevi că întotdeauna căutările au fost şi vor fi anevoioase, nu se ajunge imediat la soluţie decît foarte rar şi nu orice idee poate avea şanse de reuşită. Asta nu înseamnă că trebuie să renunţăm. Omul nu a avut întotdeauna confortul modernului de astăzi. Elevii trebuie să cunoască problemele omului şi ale societăţii în care trăieşte, pentru a fi format şi capabil să răspundă complexităţii vieţii, să gîndească în spiritul vremii sale, să intre de pe băncile şcolii în dialectica cunoaşterii şi a vieţii. Noile descoperiri au avut loc şi vor avea implicaţii majore în viaţa tuturor (poluarea radioactivă, chimică, sonoră), deci, ei trebuie să cunoască febra şi emoţiile din marele laborator de

Scanned with OKEN Scanner

cercetări al omenirii. În viitor biologul, medicul și orice specialist cult trebuie să știe și fizică și biofizică, biochimie, cibernetică, informatică etc., pentru că nu se mai poate face o diagnosticare tradițională, ci una instrumentală, cu instrumentație și aparatură foarte complexă. Altfel se va bate pasul pe loc. Dar această formare a specialistului se face în institutele superioare de învățămînt. Atunci ce trebuie să facă profesorul de liceu? Să facă ceea ce face un antrenor de sport. Să-l antreneze în micile cercetări, să-l învețe să caute în hățișurile necunoscutului. Dacă nu știm să facem acest lucru, trebuie să-l învățăm prin cursuri de pefecționare didactică. Elevul nu mai trebuie să facă încorsetat de temele obligatorii date în clasă și pentru acasă, munca de rutină de învățare a aplicării în exerciții și probleme a ceea ce se știe. Trebuie făcut și acest lucru, pentru a atinge performanțe, viteză de lucru în aplicarea unor algoritmi. Dar faptul că profesorul nu e antrenor și nu antrenează mintea elevului pe care îl vede numai ca purtător a uniformei tip școlară, înseamnă pierdere ireversibilă a timpului prețios din viață. Cînd îl învățăm pe elev să învețe, să caute, să dea răspunsuri la ceea ce nici profesorul nu știe? Regizorul nu știe să joace toate rolurile dintr-o piesă, dar știe să conducă și să accepte o idee personală sau alta a actorului în actul creației. Psihologii și pedagogii acceptă un profesor cu rol conducător în dirijarea observației. Gîndirea elevului este progresivă atunci cînd instrucția are capacitatea de a produce rezultate care nu sînt incluse în conținutul inițial, cînd elevii vor depăși în imaginație pe dascăl, dar la îndrumările acestuia, după cum istoria științei afirmă că făcea Galilei cu discipolii săi Torricelli și alții. Esența sarcinii didactice rezidă în a-l conduce pe elev la întîlnire — pentru el incitativă — între forțele de cunoaștere și cuceririle științei.

Elevul trebuie să se apropie de știință de pe pozițiile unei sarcini de cunoaștere pe care și-a asumat-o, știința nemaifiind un corp de cunoștințe care se situează într-un domeniu existențial străin lui, sau care prin intermediul procesului de învățămînt, exercită asupra lui o forță coercitivă (notarea nn), după cum afirmă cercetătorii B. Grigoriu și O. Șafran.

Eforturile cheltuite de elevi în procesul învățării vor fi răsplătite prin aceea că el învață totodată să identifice cu satisfacție propriul său progres, astfel încît să-și asume personalitatea propriei evoluții. Trebuie să-i învățăm exersîndu-i în recunoașterea lipsurilor existente în informațiile cu care operează, în formularea de întrebări relevante, să le arătăm cum se ajunge la rezultat, dîndu-le un climat de libertate intelectuală, care să le îngăduie să „se abandoneze" sarcinii pe care o au de îndeplinit, ajungînd la „disciplina" cognitivă a creativității (M. V. Covingtou — Promoting creative thiuking in the classroom în „The Journal of Experimental Education" — 1968).

Angajarea autentică în descoperire favorizează experiența succesului și a eșecului nu ca recompensă și pedeapsă, ci ca o informație. Fizica trebuie predată nu unor spectatori, ci unor participanți. Fizica nu e subiect de discuție, ci un mod de a gîndi, prelucrînd cunoștințe despre natură și nu o colecție de fapte. Elevul trebuie să-și dea seama că există o legătură între cele învățate și alte situații noi, să se convingă că poate folosi experiența proprie în domeniul activității intelectuale pentru rezolvarea situațiilor problemă, extrapolînd informații dintr-o informație oricît

Scanned with OKEN Scanner

de mică şi că poate interpola cînd are la dispoziţie un material nelegat. În felul acesta se înfrînge inerţia umană, elevul aflînd că ceea ce ştie îl pune în situaţia de a depăşi ceea ce ştie la un moment dat şi a afla ce nu se ştie. Educaţia înseamnă creativitate spirituală, rămînînd o parte integrantă a culturii şi un instrument al ei, prin care se exprimă tendinţele şi valorile culturii. Educaţia rămîne o artă de a adapta la o situaţie precisă, indicaţiile generale date de cărţile de metodologie.

UTILIZAREA SCHEMELOR ÎN PREDAREA CHIMIEI

Prof. *NICOLESCU ELENA*, Craiova

În predarea chimiei, schemele reprezintă unul din procedeele intuitive foarte importante şi frecvent utilizate, putînd fi folosite în orice etapă a lecţiei şi la orice tip de lecţie; la introducerea unor noţiuni noi, la repetarea şi generalizarea cunoştinţelor, la efectuarea unor lucrări practice, la rezolvarea diferitelor probleme.

Unele scheme care reflectă asemănări şi deosebiri între proprietăţile unor elemente, un proces tehnologic mai complicat sau legături între diferite clase de substanţe se pregătesc de către profesor, altele se alcătuiesc în clasă, la tablă, în timpul lecţiei — altele, cele de recapitularea materiei pot fi alcătuite chiar de către elevi.

Pentru exemplificare am ales o lecţie de verificare a cunoştinţelor la tema: — Hidrocarburi.

Prin conţinutul schemei se urmăreşte dacă elevii posedă cunoştinţele la nivelul programei la capitolul respectiv, dacă ştiu să facă legătura între diferite clase de substanţe, modul cum se poate trece de la o clasă de hidrocarburi la alta, dacă stăpînesc mecanismul reacţiilor de adiţie, substituţie, polimerizare, cracare şi cunoşc principalele utilizări ale substanţelor.

Se verifică în acest mod nu numai volumul de cunoştinţe al elevilor ci şi puterea lor de sintetizate, de stabilire a diferitelor relaţii de interdependenţă.

Conţinutul subiectului cere elevilor să extragă cunoştinţele necesare rezolvării, dintr-un sistem vast de cunoştinţe. Schema poate fi desenată pe o planşă, iar pe verso rezolvarea ei, astfel încît elevii, în cadrul unei verificări scrise, să verifice imediat de corectitudinea modului în care au lucrat.

Odată afişată schema se formulează subiectul: — Urmărind schema, scrieţi ecuaţiile chimice care stabilesc legătura dintre substanţele date, conform săgeţilor, arătînd şi utilizările produşilor finali.

Schema poate fi completată integral sau pe părţi — pornind de la acetilenă, de la etenă, de la benzen.

Prezintă avantajul că poate fi rezolvată integral sau parţial de fiecare elev după nivelul lui de cunoştinţe şi ritmul de lucru.

Scanned with OKEN Scanner

Acestei descoperiri i-au urmat numeroase observări şi cercetări privind radioactivitatea, efectuate de Rutherford, Curie, Brogg.

Cercetările de chimie a radiaţiilor au început cu utilizarea izotopilor radioactivi naturali ai elementelor ca surse de iradiere, ulterior fiind utilizaţi şi numeroşi izotopi artificiali.

S-a observat că diferiţi atomi radioactivi emit trei feluri de raze, numite raze α, β şi γ.

Razele α sînt compuse din atomi de He, lipsiţi de cei 2 electroni ai lor, deci din nuclee sau ioni de heliu He^{2+}. Aceste particule au viteze mari, $1{,}4 \cdot 10^9$ pînă la $2 \cdot 10^9$ cm/s. Datorită vitezelor mari particulele α au energie extrem de mare (4,2 MeV — 8,8 MeV).

Sub influenţa unui cîmp magnetic sau electric, razele α suferă o deviere spre polul negativ (fig. 1).

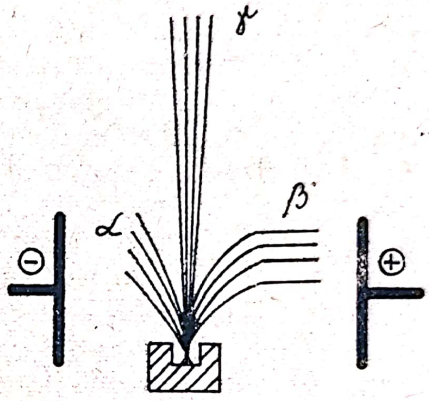


Fig. 1

Rszele β sînt compuse din electroni în mişcare, sînt deci de aceeaşi natură cu razele catodice. Viteza lor este mult mai mare, ajungînd pînă la 0,99 din viteza luminii. În cîmpul magnetic sau electric razele β suferă o deviere opusă razelor α; deci deviază spre polul pozitiv (fig. 1). În cîmpuri cu intensitate egală, devierea razelor β este mai mare decît cea a razelor α.

Razele γ sînt radiaţii electromagnetice, de aceeaşi natură ca lumina şi razele X. Au o lungime de undă mică şi de aceea pătrund mai adînc în materie.

În cîmp magnetic şi electric, razele γ nu suferă nici o deviere. Ele se propagă cu viteza luminii deci au cea mai mare putere de penetrare, adică pătrund cel mai adînc în materie.

Dintre izotopii radioactivi naturali care produc astfel de radiaţii fac parte:

— Poloniu 210, ^{210}Po, care emite radiaţii α cu o energie de 5,3 Me V (100 %) şi radiaţii γ.

— Radiu 266, ^{266}Ra, care emite radiaţii α cu energie de 4,777 Me V în proporţie de 94 % şi în proporţie de 5,7 % cu energie de 4,589 Me V. În proporţii foarte mici (4 %) emite şi radiaţii γ cu energie de 0,1888 Me V.

— Radon 222, ^{222}Rn, care emite radiaţii α cu energie de 5,49 Me V.

Timpul de înjumătăţire al izotopilor radioactivi este foarte diferit. Astfel, poloniului îi sînt necesare 138 de zile, radiului 1620 ani, iar radonului numai 383 de zile pentru ca să se dezintegreze jumătate din cantitatea iniţială.

Dintre izotopii artificiali mai importanţi sînt Cesiu 137, ^{137}Cs, cobalt 60, ^{60}Co, care emit radiaţii β şi γ.

Pentru studierea proceselor radiolitice s-au folosit diferite surse de radiţii, cum ar fi: sursele izotopice interne (în special cele de radiaţii α şi β al căror parcurs este mic), surse externe (de radiaţii γ) sau dispozitive de iradiere (reactoare nucleare, acceleratoare de particule).

Izotopii γ activi sînt cei mai folosiţi la iradierea sistemelor chimice datorită faptului că au puteri de penetrare mari, deci grosimea stratului de substanţă pe care poate să-l străbată este foarte mare.

Parcursul unei particule ionizate în materie se definește înfuncție de grosimea materialului absorbant necesar pentru a reduce la zero energia cinetică a particulei. Acest parcurs se exprimă de obicei în centimetri de parcurs pentru gaze și în miligrame sau grame pe centimetru pătrat de parcurs în lichide și solide.

Din cauza energiei ridicate, 0,1—10 MeV, radiațiile substanțelor radioactive produc modificări chimice ale substanțelor prin care trec.

Particulele de mare energie care poartă sarcină electrică (electroni, protoni etc.) își pierd energia prin interacțiunea cu electronii materialului absordant. În aceste interacțiuni se transferă energie electronilor, ridicîndu-i pe nivelele excitate ale atomilor și moleculelor cărora le aparțin. Dacă aceste nivele au o energie mai mare decît potențialul de ionizare al atomilor și moleculelor, se produce ionizarea. Dacă energia este mai mică decît potențialul de ionizare rezultă un atom sau o moleculă excitată.

Radiațiile electromagnetice de lungimi de undă sub 250 Å se numesc radiații „X", dacă sînt de origine extranucleară și radiații „gamma" dacă sînt produse la dezintegrarea nucleului atomic. Ele își pierd energia prin trei procese importante și anume: generare de perechi, împrăștiere Compton și absorbție fotoelectrică.

Cînd un foton de energie mai mare de 1,02 MeV interacționează cu cîmpul unui nucleu, ia naștere o pereche electron—pozitron.

Cu cît energia este mai ridicată, cu atît crește posibilitatea generării de perechi, deci ea este mai probabilă în materialele care conțin elemente grele.

Efectul global al generării de perechi este crearea a două radiații γ de energie mai mică dintr-o radiație γ de energie mare, diferența de energie fiind folosită pentru ionizări și excitări în materialul absorbant.

Împrăștierea Compton este procesul ce predomină în cazul interacțiunii cu materie a razelor γ avînd o energie cuprinsă între 0,1 și 2 MeV.

Radiația γ interacționează cu un electron și cedează o fracțiune din energia sa electronului. În acest proces, radiația γ își pierde din energia sa și totodată lungimea ei de undă se schimbă iar absorbantul emite radiație X de fluorescență. Procesaare loc conform fig. 2.

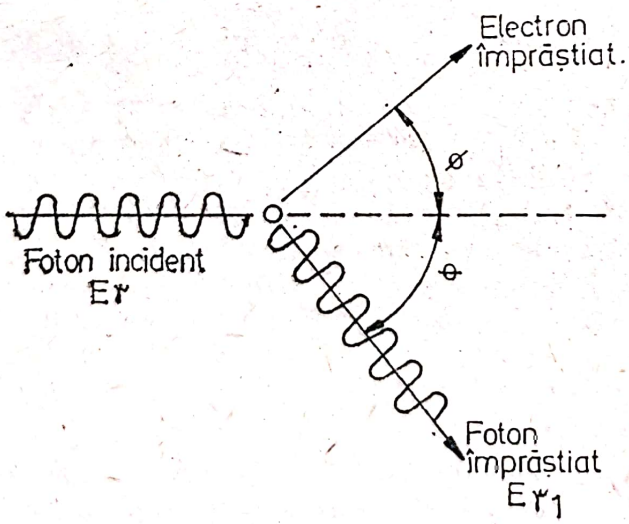


Fig. 2

În cazul radiațiilor X și gamma de energie mică, contribuția principală în absorbție o are procesul fotoelectric. În acest caz, radiația interacționează cu un electron legat, expulzîndu-l din atom.

Cea mai mare eficacitate în acest proces se atinge atunci cînd energia radiației este egală sau puțin mai mare decît energia de legătură a electronului expulzat. Interacțiunea fotoelectrică este mult mai eficace în cazul elementelor grele și pentru fotonii de energie joasă.

Scanned with OKEN Scanner

Efectele acțiunii radiațiilor asupra materiei sînt în principal excitarea și ionizarea, rezultînd astfel ioni, molecule excitate sau radicali liberi care sînt centrați de-a lungul traiectoriei radiației.

Aceste specii foarte reactive se formează în urma așa numitelor „procsse primare" care au loc în primele 10^{-14} s.

În următoarele 10^{-2} s diferitele specii primare reacționează formînd produșii moleculari finali.

Moleculele excitate se pot forma direct, sub acțiunea radiațiilor și indirect prin neutralizarea ionilor formați.

$$M \xrightarrow{\sim} M^*$$

M* reprezintă specii excitate reactive care pot participa la o serie de reacții. Posibilitățile de dezexcitare se pot prezenta astfel:

$M^* + A \rightarrow M + A^*$ (transfer de energie)

$M^* \rightarrow R. + S.$ (disociere în radicali liberi)

$M^* \rightarrow X + Y$ (disociere în produși moleculari)

$M^* + A \rightarrow M^+ + A^-$ (sau $M^- + A^+$) (transfer de electroni)

$M^* + RH \rightarrow MZ + R$ (sxtragere de hidrogen)

$M^* + A \rightarrow MA$ (adiție)

Ionizarea este de asemenea o consecință directă a absorbției radiației ionizante în materie, prin expulzarea electronilor din moleculă.

$$M \xrightarrow{\sim} M^+ + e^- \text{ sau } (M^+)^* + e^-$$

Ionii pozitivi formați, fiind deficitari în electroni, posedă atît proprietăți de radicali liberi, cît și de ioni.

O altă reacție care ar putea da ioni este despicarea directă într-un ion pozitiv și unul negativ. Ionii pot participa la o serie de reacții cum ar fi, în principal:

$M^+ + e^- \rightarrow M^*$ (neutralizare cu formare de particule excitate care pot suferi reacții de disociere ca mai sus)

$M^+ + M^- \rightarrow M + M$ (neutralizarea prin reacție cu un ion negativ)

$MN^+ + e^- \rightarrow P + Q$ (neutralizarea unui complex)

$(M^+)^* \rightarrow X^+ + X$ (disocierea unui ion excitat într-un ion radical și un radical)

$M^+ + N \rightarrow M + N^+$ (transfer de sarcină)

$M^+ + N \rightarrow P^+ + Q$ (reacție ion — moleculă)

Radicalii liberi sînt atomi sau molecule care au unul sau mai mulți electroni neîmperechiați, disponibili pentru a forma legături chimice. Ei se formează atunci cînd o legătură covalentă se desface în așa fel, încît cu fiecare fragment rămîne unul dintre electronii legăturii respective astfel:

$$R{:}S \rightarrow R. + {}^{\cdot}S$$

În chimia radiațiilor, radicalii liberi se produc prin disocierea moleculelor excitate și prin reacțiile ionilor în sau lîngă traiectoria particulelor ionizante.

Scanned with OKEN Scanner

Dintre procesele radiolitice, cele care au trezit încă de la început interesul cercetărilor, au fost transformările chimice care au loc în apă și în soluțiile apoase.

Utilizarea apei în tehnica nucleară, atît ca moderator cît și ca agent de răcire, necesitatea studierii mecanismelor unor reacții ce se produc în soluții apoase, ca și importanța cunoașterii acțiunii radiațiilor asupra țesuturilor vii, justifică numărul mare de cercetări efectuate în acest domeniu.

Procesul de radioliză al apei a fost observat încă din 1901 de către P. Curie și Debierne.

Mai tîrziu. J. Frank și A. O. Allen, desfășurînd un program de cercetări privind iradierea apei pure, ajung la o concepție radicală, în acest sens.

Cel care dă teoria radicală a radiolizei apei a fost Weiss. În conformitate cu această teorie, în cazul radiolizei apei se formează radicalii OH și H.

Se consideră că radiațiile interacționează cu moleculele de apă ce se găsesc pe traiectorie, formînd molecule ionizate și electroni secundari, conform schemei:

$$H_2O \text{ —}\sim\!\!\rightarrow H_2O + e^-$$

Despre electronii secundari produși se cunosc două ipoteze: o primă ipoteză este cea a lui Samuel și Magee care consideră că e^- care posedă o energie considerabilă pot suferi o serie de ciocniri neelastice, ajungînd astfel la energia termică înainte ca să fi scăpat din cușca de reacție, adică din spațiul în care se manifestă forțele de atracție ale moleculelor de apă ionizate din care provin.

O a doua ipoteză este dată de Leo, Gray și Platzman care consideră că acești electroni secundari au energie suficientă ca să poată străbate distanța de 50 Å.

Diferența dintre cele două ipoteze constă în modul în care sînt distribuiți radicalii față de traiectoria radiației care i-a format.

După ipoteza lui Samuel și Magee, radicalii OH și H se vor găsi aproape unii de alții și de traiectoria radiației, pe cînd după ipoteza Leo-Gray-Platzman, numai radicalii OH se vor găsi aproape de traiectoria radiației, pe cînd radicalii H se vor găsi la o oarecare distanță de aceasta.

Se consideră însă, că asocierea celor două ipoteze poate să cuprindă fidel diversitatea proceselor ce se petrec în apă sau soluțiile apoase iradiate.

Ipoteza lui Samuel și Magee se aplică cu precădere la radioliza lichidelor cu constantă dielectrică mare, pe cînd ipoteza Leo-Gray -Platzman mai ales în cazul lichidelor cu constantă dielectrică mai mică decît a apei.

În condițiile absenței captatorilor de radicali și a folsirii radiațiilor cu ionizare mare, radicalii formați vor reacționa între ei rezultînd, ca urmare a reacțiilor radical — radical, H_2 și H_2O_2, care constituie produșii moleculari ai radiolizei apei.

$$H + H \rightarrow H_2$$
$$OH \rightarrow OH \rightarrow H_2O_2$$
$$H + OH \rightarrow H_2O$$

Scanned with OKEN Scanner

Produşii radicalici ai radiolizei apei sînt OH, H şi HO_2. Radicalii OH se obţin prin descompunerea moleculelor de apă puternic excitate, conform reacţiei :

$$H_2O^+ \rightarrow H^+ + OH$$

Prezenţa lor în soluţiile apoase s-a pus în evidenţă prin diferiţi captatori de radicali.

Radicalii OH au în general proprietăţi oxidante, posedînd o mare afinitate pentru electroni.

În medii puternic oxidante, radicalii OH pot prezenta proprietăţi reducătoare. Radicalii OH pot da naştere la reacţii de dimerizare, conducînd la formarea apei oxigenate.

$$OH + OH \rightarrow H_2O_2$$

Un alt produs al radiolizei apei este atomul de hidrogen care se obţine ca urmare a descompunerii moleculelor excitate.

$$H_2O^* \rightarrow H + OH$$

Hidrogenul atomic prezintă proprietăţi reducătoare şi poate participa la reacţii de combinare, formînd H_2

$$H + H \rightarrow H_2$$

sau în reacţii cu radicalii OH, conducînd la reformarea moleculelor de H_2O radiolizate.

$$H + OH \rightarrow H_2O$$

La radioliza apei, radicalii HO_2 se obţin în urma reacţiei :

$$H_2O_2 + OH \rightarrow HO_2 + H_2O$$

Radicalii HO_2 pot funcţiona fie ca oxidanţi, fie ca reducători. În anumite condiţii, radicalul HO_2 poate să disocieze în ioni.

$$HO_2 \rightarrow H^+ + O_2^-$$

În medii neutre şi bazice se află sub formă disociată, pe cînd în medii acide sub formă nedisociată.

În 1962 Hart şi Boag pun în evidenţă prezenţa electronului hidratat, folosind radioliza în puls. Ei au presupus că banda de absorbţie, ce se întinde între 4000 şi 8000 Å, cu un maxim în jurul valorii de 7200 Å, aparţine electronului hidratat.

În prezent, cercetările în domeniul chimiei, radiaţiilor apei şi ale soluţiilor apoase cunosc o mare amploare şi aduc contribuţii valoroase la teoria generală a reacţiilor chimice.

Scanned with OKEN Scanner

DISPOZITIV PENTRU ÎNCERCĂRI LA SOLICITAREA DE TORSIUNE — PENDULUL DE TORSIUNE

Prof. *SEVER IOSIF GEORGESCU*, București

Învățarea științelor fundamentale în spirit interdisciplinar asigură eficiență sporită a randamentului școlar, permite elevului să înțeleagă că știința fizicii, a matematicii, a chimiei, a biologiei constituie sisteme deschise a căror structură se poate modifica și ale căror frontiere sînt împinse din ce în ce mai departe de către omenire.

Tehnologia educațională pentru studiul fizicii este unitară și determinată prin obiectivele educaționale ale acestei discipline, prin conținutul care trebuie însușit, prin mijloacele care asigură învățarea, prin modelul de proces în cadrul căruia se va produce învățarea și prin evaluarea obiectivelor propuse.

Se impune, cu necesitate, ca să *ne alegem obiectivele care să conducă la formarea unui sistem de compartamente care să justifice formarea și dezvoltarea la elevi a capacității de asimilare, de investigare experimentală, de transfer a instrumentului matematic și a metodei de investigare, a capacității de exprimare în limbajul adecvat științei (de verbalizare) și de formare a unei atitudini științifice.* Numai în acest sens putem înzestra tineretul școlar cu atributele de viață necesare în societatea prezentă și viitoare, de a-l înarma cu ideile fundamentale ale științei contemporane, contribuind la ridicarea nivelului general de cultură și pregătire tehnologică. Cum vom ști că obiectivele enumerate mai sus sînt realizate? Dacă proiectarea oricărui act de învățare presupune:

— înțelegerea profundă a obiectivelor generale de către profesor;

— elaborarea de către acesta a obiectivelor particulare specifice etapei respective;

— cunoașterea performanțelor inițiale ale elevilor, a capacităților acestora;

— cunoașterea mijloacelor de care se vor folosi aceștia în timpul învățării;

— alegerea metodelor și a procedeelor;

— elaborarea fluxului sarcinilor pentru elevi și a celor de dirijare;

— elaborarea instrumentelor de evaluare a probei cu care se va stabili în ce măsură s-a realizat ceea ce s-a propus. Respectînd aceste cerințe ale proiectului de tehnologie educațională impus de fiecare unitate didactică, a conținutului care trebuie însușit, probabilitatea de realizare a obiectivelor fundamentale ale învățării fizicii atinge o valoare maximă, tinde spre certitudinea că studiul fizicii va contribui la o pregătire reală a elevilor pentru muncă, pentru viață.

Colectivul de cadre didactice din cadrul catedrei de fizică de la Liceul Industrial nr. 2 București se preocupă de realizarea mijloacelor de învățămînt de concepție proprie pentru demonstrații și pentru lucrări de laborator, realizate în cadrul cercului de fizică aplicată, mijloace care alături de cele oferite de Intreprinderea „Didactica" permit realizarea caracterului interdisciplinar al învățării fizicii cît și efectuarea unor experimente cognitive, demonstrative și de redescoperire pe care le implică programa școlară actuală. Astfel *au fost realizate*: *dispozitive pentru*

Scanned with OKEN Scanner

studiul oscilațiilor cu elongații paralele, dispozitive pentru încercări la solicitările simple, pendule de torsiune, redresoare cu tensiune stabilizată în 10 trepte între 0—36 V, c.a. și c.c., cu protecție la scurtcircuit, machete pentru motoare termice, mijloace care permit studiul comportării bobinei și condensatorului în c.a., studiul fenomenului de autoinducție, cît și aparate care atestă realizarea dezideratului: învățămînt-cercetare-producție: dispozitiv de aprindere electronică, avertizor pentru scurgeri de gaze, instalație pentru stabilirea de relații între structura și proprietățile materialelor amorfe, prin metoda fotoelasticității, etc.

Prezentăm schema mijloacelor de învățămînt pentru încercări la solicitarea de torsiune, cît și pendulul de tensiune, mijloace realizate după concepția proprie a autorului care permit determinarea unor caracteristici mecanice ale materialului torsionat ca: constanta de elasticitate la torsiune, modulul de elasticitate transversal, rezistența la rupere-prevăzute în programa disciplinei de specialitate „Rezistența materialelor", cît și proporționalitatea între momentul forței M_F și unghiul φ de răsucire, analog relației dintre forța elastică și elongație $F = -ky$, $M_F = -C\varphi$, metodă deosebit de eficientă pentru studiul mișcării de rotație a solidului rigid, evitînd astfel cunoștințele de calcul diferențial de care are nevoie elevul de clasa a XII-a pentru stabilirea relațiilor matematice ce exprimă corespondența între mărimile fizice măsurabile, (M_F, φ).

Menționăm că pendulul de torsiune permite efectuarea tuturor experimentelor referitoare la mișcarea de rotație a solidului rigid prevăzute în programa clasei a XII-a, cu erori pătratice medii sub 2%, fie prin intermediul constantei de elasticitate la torsiune „C" realizînd astfel caracterul interdisciplinar al învățării fizicii, *fie prin intermediul unui moment de inerție cunoscut (evitînd cunoașterea constantei de torsiune) folosim metoda oscilațiilor izocrone și făcînd raportul perioadelor de oscilație.* $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{C}}$; $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I_1}{C}}$ unde I — momentul de inerție cunoscut (de ex. I al unei bare care se rotește în jurul axei ce trece prin centrul de greutate al barei) I_1 — momentul de inerție ale corpului necunoscut (cilindru, sferă, sistem de corpuri, etc.).

I. — Experimentul cognitiv demonstrativ realizat cu ajutorul dispozitivului din fig. 1, efectuat de profesor sau de grupa de elevi care cunosc multitudinea și complexitatea problemelor tehnice pe care le implică realizarea experimentului *urmărește*:

— punerea în evidență a solicitărilor de torsiune a pieselor din diferite materiale;

— stabilirea legii ce guvernează fenomenul observat $M_F = C\varphi$

— măsurarea mărimilor fizice caracteristice fenomenului observat (M_F, C, G, R_r);

— stabilirea relațiilor de corespondență dintre mărimile fizice măsurabile, a căror cunoaștere este extrem de importantă pentru folosirea corectă a materialelor în construcții de mașini.

II. — Experimentul cognitiv de redescoperire realizat cu ajutorul pendulului de torsiune din fig. 2 efectuat frontal de elevi cu material

distribuit (piesele componente se află inițial pe masa de lucru a fiecărei grupe — formată din 2 elevi) — *permite* :

a). Verificarea unor ipoteze făcute de elevi cu privire la :

— inerția sistemului aflat în mișcare de rotație (de cine depinde aceasta) ;

— realizarea dispozitivului ce permite determinarea momentului de inerție (asamblarea pieselor le oferă mai multe variante) ;

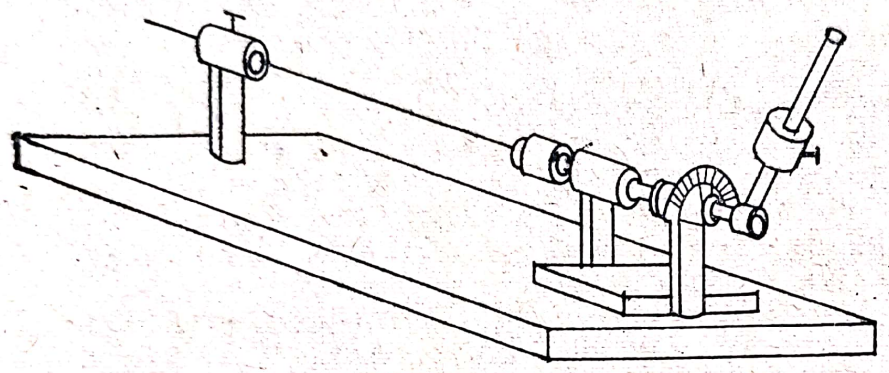


Fig. 1

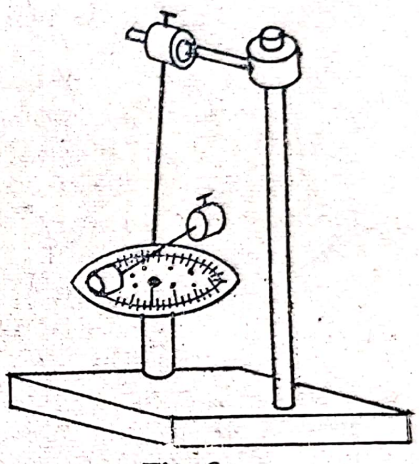


Fig. 2

— modalitatea determinării pe cale experimentală a momentului de inerție pentru bară, (cilindrică sau dreptunghiulară), cilindru, sferă, șistem de corpuri, etc.

b). Stabilirea prin analogie cu perioada pendulului elastic (oscilator liniar armonic) a perioadei pendulului de torsiune realizat de elevi :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}} \qquad T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{C}}$$

c). Determinarea momentului de inerție a diferitelor corpuri : bară, cilindru, sferă și *compararea valorii experimentale cu valoarea teoretică* ;

d). Verificarea experimentală a teoremei lui Steiner.

Pentru atingerea obiectivelor mi-am propus un plan de desfășurare a lecției de fizică cu experiment integrat, prin care să se exercite o activitate permanentă a celor trei factori implicați în învățare : profesor, elevi, grupă de elevi prin care să exploatez rațional atît mijloacele de învățămînt utilizate în cadrul lecției cît și posibilitățile intelectuale și capacitatea de angajare a elevilor la îndeplinirea sarcinilor în condiții special create.

Pentru organizarea acestui plan de desfășurare a lecției am ținut cont de rolul fiecărui pivot :

— profesor : pe bază de fișă, pune problemele, dirijează soluționarea problemelor, ajută elevii în situații nou creiate — conduce învățarea — — educă ;

Scanned with OKEN Scanner

— elevul răspunde intenției profesorului de a soluționa o problemă, de a soluționa o comandă după un instructaj prealabil, înregistrează și prelucrează date, ridică noi probleme, manipulează aparatura și materialele didactice — se instruiește — se dezvoltă în plan spiritual și al deprinderii de lucru experimental, de cercetare — se civilizează — se educă;

— grupa de elevi prin cooperare participă la prelucrarea datelor, prin confruntare de opinii elaborează decizii, prin cooperare realizează experimentul în condiții optime, prin schimb de păreri între membrii grupei, aceștia se autoinstruiesc, urcă pe următoarea treaptă a civilizației în spiritul uman de întrajutorare — se autoeducă.

Pe bază de fișă de lucru profesorul conduce întregul proces al învățării în cadrul lecției de fizică.

FIȘA DE LUCRU

Privind tema; *„Determinarea experimentală a constantei elastice de torsiune, a momentului de inerție și verificarea teoremei lui Steiner"*.

1. — Pe baza legilor dinamicii aplicate mișcării de rotație a solidului rigid și a relațiilor ce stabilesc corespondențe între parametrii cinematici și dinamici ai mișcării de translație și rotație stabiliți analogia între aceștia conform tabelului: (3′)

mișcarea de translație	mișcarea de rotație

2. — Pe baza observațiilor asupra experimentului efectuat de profesor completați tabelul: (5′)

Experimentul	Operația	Observație	Semnificația observației	Concluzia

3. — Stabiliți analogia între ecuațiile ce stabilesc corespondența între forța elastică și elongație și între momentul forței elastice M_F și unghiul de deformare φ. Ce semnificație fizică are semnul minus? (4′)

Scanned with OKEN Scanner

4. — Unde întîlnim această solicitare de torsiune în practică?
(3′)

5. — Imaginați-vă un experiment care să vă permită să stabiliți perioada de oscilație a unei bare în jurul axei de rotație ce trece prin centrul de greutate al barei. Cum putem numi dispozitivul experimental ce vă permite realizarea experimentului de stabilire a perioadei de oscilație? Cu ce este egală perioada pendulului de torsiune?
(5′)

6. — Stabiliți expresia matematică a momentului de inerție a unei bare ce se rotește în jurul axei ce trece prin centrul de greutate.
(2′)

Experimentul I.

Cu materialele pe care le aveți pe masă realizați experimentul și completați tabelul:

Nr. determ.	Nr. de oscil. n	timpul $t(s)$	$T = \frac{t}{n}$ (s)	C	$\overline{C}$	$C = \overline{C} \pm s_{\overline{C}}$
1	5					
2	10					
3	15					
4	20					

7. — Comparați valoarea constantei elastice la torsiune determinată pe cale statică de profesor și pe cale dinamică determinată de voi.
Explicați rezultatul.
(1′)

Experimentul II.

Fixați cîte un cilindru la fiecare extremitate a barei cu generatoarea paralelă cu axa de rotație (firul) și repetați experimentul anterior.
Determinați momentul de inerție al sistemului (bară + cilindri).
(2′)

8. — Completați tabelul:

Nr. determ.	n	$t(s)$	$T_1 = \frac{t}{n}$	$I_1 = \frac{C \cdot T_1^2}{4\pi^2}$	I_1	$I_1 \pm s_{I_1}$
1	5					
2	10					
3	15					
4	20					

9. — Cum credeți că am mai fi putut afla pe I_1?
(3′)

Scanned with OKEN Scanner

10. — Comparați valoarea lui I_1 stabilită prin cele 2 metode.
11. — Verificați teorema lui Steiner.

(6′)

(*Temă pentru acasă*)

12. — Ce se întîmplă dacă schimbăm poziția cilindrilor pe bară punîndu-i cu generatoarea perpendiculară pe axa paralelă cu axa de rotație?

(3′)

ASPECTE METODICE PRIVIND PREDAREA TERMOCHIMIEI

Prof. *JOANTĂ VIORICA*, Făgăraș

Lecția nr. 1 **I. Energia chimică și energia termică.**

II. Fenomene exoterme și fenomene endoterme.

Obiective specifice.

1) realizarea unor conexiuni între ramuri ale chimiei (electrochimie-termochimie); 2) realizare a unor conexiuni interdisciplinare (economie-politică; chimie); 3) realizarea unor conexiuni între diferite forme de energie și posibilități de transformare reciprocă. 4) efectuarea unui experiment după indicații, interpretarea rezultatelor experimentelor, stabilirea și comunicarea concluziilor în termenii specifici chimiei. 5) proiectarea unui experiment care să verifice răspunsurile date la exerciții.

Metodologia 1) Conversația euristică: a) pentru reactualizarea unor conștiințe de electrochimie; b) pentru realizarea conexiunii între electrochimie și termochimie; c) sublinierea necesității economisirii combustibililor convenționali și încercării înlocuirii acestora, conform indicațiilor date la al XII-lea Congres al P.C.R.; d) discutarea ecuației unei reacții chimice la care s-a specificat și căldura, absorbită sau cedată într-o reacție; 2) Exerciții: pentru fixarea noțiunilor de: a) sistem; b) fază; 3) Experimentul: a) în scopul determinării variațiilor de temperatură, pentru fenomenele endoterme și exoterme; b) în scopul verificării unor ipoteze; 4) Exerciții problematizate: a) rezolvarea individuală a exercițiului; b) scrierea concluziilor ce se desprind în urma experimentului

Mijloace de învățămînt: retroproiector; substanțe chimice: $H_2O_{(l)}$, $H_2O_{(s)}$, NaCl, C_6H_6, C_2H_6-OH, $NaOH_{(s)}$ NH_4Cl, sol $Ba(OH)_2$ (sol. concentrată de $Ba(SCN)_2$ sol. HCl, Zn.

La proiector apare schema:

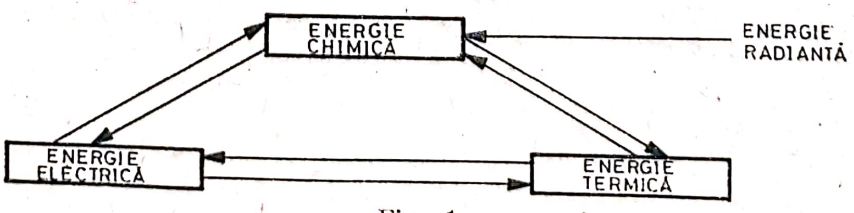


Fig. 1

Printr-o discuţie frontală se reactualizează aspectele studiate la electrochimie : trecerea energiei chimice în energie electrică (trecere realizată cu ajutorul pilelor) şi transformarea energiei electrice în energie chimică, proces ce se realizează prin electroliză.

Se completează schema pe măsură ce se dau răspunsuri.

Se anunţă că urmează a se studia transformarea energiei chimice în energie termică, folosind mai ales reacţia de ardere.

Sînt în continuare lansate întrebările : Ce ştiţi despre reacţia de ardere? Cum se numesc substanţele folosite frecvent în reacţiile de ardere? Care este dezavantajul folosirii anumitor substanţe folosite în acest scop? Se introduce noţiunea de combustibili.

Se dau exemple de combustibili : cărbuni, hidrocarburi, cocs, ţiţei, gaze naturale, petrol.

Se arată în continuare că 3×10^9t, substanţe sînt consumate în reacţiile cu oxigenul, deci în reacţia de ardere, de aceea conducerea de partid şi de stat în Directivele Congresului al XII-lea ale P.C.R. cu privire la dezvoltarea economico-socială al României în cincinalul 1981—1985, a luat o serie de hotărîri în ceea ce priveşte dezvoltarea bazei energetice la noi în ţară.

Se discută apoi frontal aceste hotărîri.

— Ramura chimiei care studiază formele de transformare a energiei electrice în energie chimică şi invers se numeşte electrochimie — cum se va numi ramura chimiei ce studiază trecerea energiei chimice în energie termică?

Se dă definiţia termochimiei după care profesorul introduce noţiunea de sistem.

Urmează clasificarea sistemelor în : sisteme omogene şi sisteme heterogene

Temă : a) Specificaţi numărul de faze din sistemele următoare; b) Specificaţi natura fiecărui sistem; c) Verificaţi practic : apă$_{(s)}$, apă$_{(l)}$, benzen şi H_2O; NaCl şi H_2O; C_2H_5-OH şi C_6H_6.

II. Fenomene exoterme şi fenomene endoterme

Completaţi următorul tabel pe măsură ce efectuaţi sarcinile de lucru :

Modul de lucru	Ecuaţia reacţiei chimice	Natura fenomenului		Observaţii	Concluzii
		Fizic	Chimic		
1	2	3	4	5	6
1 Turanţi într-un pahar 50 mil. H_2O Măsuraţi temp. Se adaugă NaOH solid pe care îl aveţi la masă Măsuraţi din nou temp.	—	dizolvare		1) Are loc creşterea temp. de la.... pînă la.... .... cu rezultă o soluţie (sistem omogen	fenomen exoterm.
2 Acelaşi de la exp. 1 aveţi pentru dizolvarea NH_4Cl.					

Scanned with OKEN Scanner

(continuare)

1	2	3	4	5	6
3 Introduceți într-un pahar 300 mil. soluție $Ba(OH)_2$ 0,4 n — Se măsoară temperatura — Adugați apoi 20mil. soluție conc.NH_4SCN — Măsurați din nou temperatura	$Ba(OH)_2 + 2NH_4SCN_{aq} \rightarrow Ba(SCN)_2 + 2NH_4OH$ $NH_4OH \rightarrow NH_3 + H_2O$			— se simte miros de NH_3 — are loc scăderea temp. de la... °C la ...°C — reacție endotermă	
4) Puneți într-o eprubetă soluție de HCl — Măsurați temp. — Adăugați Zn. — Măsurați din nou temp.					

Tabelul de mai sus apare la retroproiector avînd completat modul de lucru. Se completează apoi după efectuarea experimentului atît cît este completat în tabelul de mai sus comunicînd elevilor să completeze restul rubricilor. Profesorul discută cu elevii care au greutăți, dînd indicații.

S-au introdus astfel criterii de clasificare a reacțiilor din punct de vedere termic în reacții exoterme și reacție endoterme.

— Se specifică că în fenomenele exoterme alături de produs și de reacție apare și o anumită cantitate de căldură, notată cu Q în timp ce la fenomenele endoterme se consumă o anumită cantitate de căldură pentru a putea avea loc.

Ținînd cont de acest lucru se poate scrie pe baza observațiilor desprinse în urma experimentului.

$$Ba(OH)_2 + 2NH_4SCN + Q \rightarrow Ba(SCN)_2 + 2NH_3 + 2HOH.$$

$$Zn + 2HCl - ZnCl_2 + H_2 + Q.$$

Concluzii :

După ce s-a studiat problema reactanților, a produșilor de reacție acum urmărim studiului efectelor termice, în capitolul termochimie.

Primul aspect ce se studiază aici este acela al naturii proceselor chimice din punct de vedere termic.

Procesele chimice se pot clasifica în :

a — procese exoterme — definiție

b — procese endoterme — caracteristica

Scanned with OKEN Scanner

Lecția nr. 2: Căldura de reacție

Obiective specifice 1) Comunicarea în terminologia specifică chimiei a concluziilor unui experiment; 2) Utilizarea unor noțiuni în rezolvarea unor sarcini de lucru: a) comparația dintre aer și piston; b) transformarea unor noțiuni specifice fizicii (L) în lecțiile de chimie; 3) Se dau cît mai multe particularități ale reacției; 4) Schema formulelor și stabilirea semnificațiilor căldurilor de reacție la presiune constantă și la volum constant; 5) Aplicarea acestor formule la rezolvare de probleme.

Metodologia conversația euristică 1) rezolvarea sarcinii de lucru; stabilirea formulelor de calcul pentru $Q_{(p)}$ și $Q_{(p)}$. 2) Rezolvarea de probleme

Materiale didactice: retroproiector

Printr-o discuție frontală se reactualizează concluziile trase asupra exeprienței dintre Zn și HCl.

Temă: Caracterizați reacția și sistemul în: a) momentul în care introduceți Zn enumerînd totodată numărul de faze (timp de lucru (3 min.) b) la un moment al reacției; c) după ce a avut loc reacția; scrieți ecuația reacției chimice. 2) Specificați efectul termic al reacției

Se specifică că este o reacție redox deoarece Zn și H_2 își schimbă numerele de oxidare.

— este o reacție spontană, deoarece Zn aflîndu-se în seria potențialelor înaintea hidrogenului îl poate scoate din acizi.

— Decurge cu degajare de hidrogen.

— sistemele în momentele a) și b) sînt heterogen, respectiv omogen după terminarea reacției și degajarea hidrogenului. Ecuația reacției este: $Zn_{(s)} + 2HCl_{(aq)} \rightarrow ZnCl_{2(q)} + H_{2(q)} + Q$.

— Se urmărește desenul de mai jos, specificîndu-se de către elevi că s-a omis faptul că reacția decurge cu degajarea de căldură ceea ce face ca energia produșilor să fie mai mică decît a reactanților.

Sistemul cedează energie mediului.

Se cere în continuare elevilor să compare aerul ce ocupă volumul determinat de gura eprubetei și soluție cu un piston, pentru ca mai departe să se poată arăta că hidrogenul, pentru a se putea degaja trebuie să dezlocuiască un volum de aer egal cu volumul său.

Hidrogenul efectuează un lucru mecanic. Se completează desenul

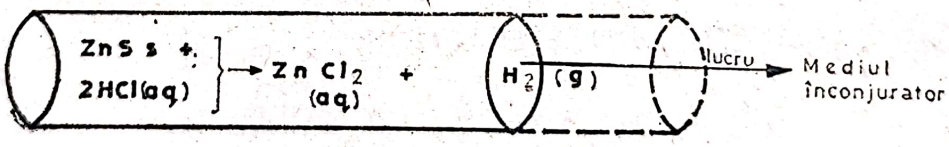


Fig. 2

— Se scrie expresia generală a lucrului mecanic, arătînd semnificația fiecărei variabile și avînd grijă că sistemul cedează energie mediului sub formă de lucru.

$L = -F\Delta l$ unde F — forță și Δl = deplasare.

Înmulțind și împărțind expresia memebrul drept prin S se obține:

$$L = \frac{F}{S} \cdot \Delta l \cdot S = P \cdot \Delta V \qquad \text{unde } \Delta l S = \Delta V \text{ și } \frac{F}{S} = P$$

— Se specifică în continuare că sistemul cedează căldură și efectuează un lucru mecanic, ceea ce va duce la o variație a energiei interne a sistemului, variația pe care ținînd cont de factorii care o determină o putem scrie:

$$\Delta U = Q + L = Q - P\Delta V.$$

unde $\Delta U = U_2 - U_1$; U_2 — energie internă a sistemului în stare finală; U_1 — energia internă a sistemului în stare inițială.

Prin discuții frontale se arată că nu se poate determina U pentru sistem la un moment dat ci numai diferența dintre starea finală și starea inițială.

Pentru discuții frontale se arată că nu se poate determina U pentru sistem la un moment dat ci numai diferența dintre starea finală și starea inițială.

— de aceea se spune că energia internă este o funcție de stare, depinzînd numai de starea inițială și starea finală a sistemului.

Unitatea de măsură a energiei interne este joul în sistemul internațional.

O unitate tolerată este caloria: (1c = 4,185 J).

— Căldura de reacție poate fi măsurată la presiune, constantă sau la volum constant: $\Delta U = Q - P\Delta V$; $Q = \Delta U + P\Delta V$.

a) Pentru V constant:

$$V_2 - V_1 = 0 \rightarrow \Delta V = 0 \quad (V_1 = V_2) \quad Q(V) = \Delta U$$

Concluzia: variația de energie internă reprezintă tocmai căldura de reacție la volum constant.

b) Căldura de reacție la presiune constantă se numește entalpie — și se notează cu H.

— Se dau următoarele sarcini de lucru:

Scrieți formula de calcul în funcție de variația de energie internă pentru entalpie.

Entapia este o funcție de stare ca și energia internă

— Ce înțelegem prin aceasta și cum reprezentăm?

Se ajunge la relația: $\Delta H = \Delta U - P\Delta V$ care ținînd cont de semnificația lui ΔU se mai poate scrie: $\Delta H = Q(V) + P\Delta V$

— Pentru consolidare se discută în clasă următoarele două probleme.

1. Se cere căldura de reacție la volum constant pentru reacția de ardere a unui mol de C_2H_2, dacă la arderea a 1,12 l C_2H_2, $\Delta H = -15{,}525$ kcal.

Rezolvare

— Se scrie ecuația reacției chimice ce are loc:

$$C_2H_2 + \frac{5}{2}O_2 \rightarrow 2CO_2(g) + H_2O(g)$$

— Se recitesc datele problemei

— Se scrie formula de calcul urmată de identificarea necunoscutei.

$$\Delta H = \Delta U + P\Delta V, \quad Q(v) = \Delta U - Q(v) = \Delta H = -P\Delta V.$$

Scanned with OKEN Scanner

Pentru că problema care cere aflarea lui $Q(V)$ ce însoţeşte arderea unui mol de substanţă se află ΔH caracteristică unui mol de C_2H_2.

$$\Delta H = \frac{22,4}{1,12}(-15,525)\text{kcal} = -310,5 \text{ kcal.}$$

Pentru a putea afla $P\Delta V$ ca apoi să află $Q_{(v)}$, se observă că reacţia are loc în fază omogenă gazoasă, deci se poate afla şi aplica legea de stare a gazelor perfecte. $pV = nRT$; $p \cdot \Delta V = \Delta nRT$.

Profesorul va specifica că rerpezintă diferenţa dintre numărul de moli produşi în stare gazoasă şi nr. de moli de reactanţi în stare gazoasă.

$$\Delta n = 2 + 1 - 1 - \frac{5}{2} = -1/2 \text{ moli.}$$

Înlocuind se obţine:

$$Q_{(v)} = \left(-310,5 - \frac{1}{2} \cdot 298 \cdot 2 \cdot 10^{-3}\right) \text{Kcal.} = -310,8 \text{ kcal.}$$

Se poate da temă acasă următoarea problemă:
Se cere lucrul ce însoţeşte:
a) obţinerea a 10 cm^3 apă din gheaţă la 0°C şi 1 atm.
b) pentru vaporizarea la 100°C a aceluiaşi volum de H_2O.

Lecţia nr. 3: I Căldura de formare
II Variaţia de entalpie în reacţiile chimice

Obiective specifice: 1) explicarea diferenţei de semn ce apare între căldura de reacţie şi ΔH. 2) reprezentarea grafică în sistemul de coordonate: entalpie, coordonată de reacţie şi interpretarea acestui grafic; 3) aprecierea stabilităţii relative, cunoscîndu-se H_f° pentru aceste substanţe; 4) introducerea noţiunii de spontaneitate; 5) aplicarea corectă a formulelor de calcul prin rezolvarea unei probleme prin care se află $H^\circ_{fC_4H_{10}(g)}$

Metodologia

1) Problematizarea: explicarea diferenţei ce apare între semnele lui Q şi ΔH; stabilirea corelaţiei între H_f° şi stabilitatea unei substanţe (pentru unii elevi în această secvenţă problematizarea este înlocuită cu descoperirea dirijată) *2) Conversaţia euristică*: analiza soluţiilor propuse de elevi; analiza graficului; interpretarea valorilor entalpiilor reactanţilor comparativ cu a produşilor, în funcţie de natura reacţiei; notaţia caracteristică *3) Descoperirea dirijată*: definirea entalpiei de formare şi a unităţilor de măsură. *5) Rezolvarea de probleme. Mijloace de învăţămînt*: retroproiector; fişă de lucru.

Scanned with OKEN Scanner

— Se dau ecuațiile reacțiilor chimicee

I

$$H_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow H_2O_{(l)} + 68{,}3\ Kcal$$

$$H_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow H_2O_{(g)} + 57{,}8\ Kcal$$

$$H_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_1 = -68{,}3\ Kcal$$

$$H_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow H_2O(g) \qquad \Delta H_2 = -17{,}8\ Kcal$$

Se cere : a) Definiți entalpia ; b) Explicați diferența ce apare între semnele lui Q și ΔH ; c) Reprezentați valorile pentru fiecare reacție în sistemul de coordonate : entalpie, coordonată de reacție.

— Se insistă aspra răspunsurilor de la punctul b).

Alături de produși de reacție apare și căldura de reacție pe care o trecem în membrul drept (alături de produșii de reacție cu care apare).

— Odată cu degajarea căldurii de reacție crește temperatura sistemului față de a mediului, ceea ce face ca sistemul să cedeze surplusul de căldură mediului ; de aici rezultă că entalpia la sfîrșitul reacției este mai mică decît a reactanților (entalpia produșilor mai mică decît a reactanților).

Se atenționează că aprecierea s-a făcut din punct de vedere al sistemului : dacă acceptă sau cedează căldură.

Elevii încearcă să rezolve punctul c) al sarcinii de lucru ,,dar observă că nu cunosc decît variația de entalpie ce însoțește reacția fără să cunoască entalpiile reacanților sau a produșilor ; În aceste condiții anunță profesorul că pot rezolva punctul c).

— Apare la retrotroiector ecuația :

$$1/2H_{2(g)} + 1/2I_{2(g)} \rightarrow HI_{(g)} \qquad \Delta H = 6{,}2\ Kcal.$$

— Se cere caracterizarea reacției.

Interesează să se specifice că reacția este endotermă, deci decurge cu absorbție de căldură.

— În continuare se dă definiția *entalpiei de formare* — ca fiind variația de entalpie a sistemului în reacția în care plecînd de la elemente se sintetizează un mol de substanță. Se specifică unitățile de măsură : J/mol sau unitatea tolerată Cal/mol.

— Prin discuție frontală se reactualizează condițiile standard, condiții pentru care s-au tabelat căldurile de formare ale substanțelor pentru a se introduce notația specifică căldurii de formare : H_f°. Profesorul subliniază că elementele au căldura de formare egală cu 0.

— Se cere în continuare ca pe baza ecuațiilor reacțiilor chimice anterioare și a variațiilor de entalpie corespunzătoare la care se adaugă și :

$$C(grafit) + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H = -393{,}2\ kJ$$

să se analizeze substanțele : $H_2O(g)$, $H_2O(l)$, $HI_{(g)}$, $CO_2(g)$ în : a) ordinea creșterii H_f ; b) ordinea creșterii stabilității.

Indicaţie ce poate apare la unele mese:

Gînduţi-vă la stabilitatea relativă a apei în stare lichidă comparativ cu cea a apei în stare gazoasă în condiţii standard.

— După ce se analizează substanţele după cum urmează:

a) $CO_2,\ H_2O(l),\ H_2O(g),\ HF \longrightarrow$

b) $HI,\ H_2O(g),\ H_2O(l)\ \ CO_2 \longrightarrow$

se poate foarte uşor generaliza: cu cît căldura de formare a unei substanţe este mai mică cu atît stabilitatea sa este mai mare.

— După ce s-au însuşit noile cunoştinţe şi revin la reprezentarea grafică: întrucît se cunosc H_f° pentru reactanţi şi ΔH care reprezintă H_f° deci se poate completa graficul.

— Se reprezintă şi pentru cazul: $H_{2(g)} + I_{2(g)} + 6{,}2$ Kcal $\rightarrow 2HI_{(g)}$

— Se interpretează în continuare reprezentările grafice, arătîndu-se stabilitatea relativă a produşilor faţă de reactanţi atît pentru reacţiile exoterme cît şi pentru reacţiile endoterme.

— Se specifică de asemeni că o reacţie poate fi spontană cînd $\Delta H < 0$, urmată de motivarea acestei afirmaţii. Pentru fixare se rezolvă în clasă o problemă:

Se cere căldura de formare (KJ/mol) a substanţei ($C_4H_{10}(g)$), dacă la arderea a 145 g substanţă se degajă 1588,5 Kcal

Se dau:

$$H^\circ_{fCO_22} = 94{,}05 \text{ Kcal}$$

$$H^\circ_{fHO_2(g)}(g) = 57{,}8 \text{ Kcal.}$$

Lecţia nr. 4: Legea lui Hess

Obiective specifice

1) Folosirea H_{fC}, H_{fO_2}, H_{fCO} pentru aflarea H_{fCO_2}; 2) Aflarea H_{fNH} folosind variaţiile de entalpie cunoscute; 3) Redefinirea legii lui Hess pentru cazul particular al obţinerii CO_2; 4) Relaţia ce există între ΔH şi ΔU pentru reacţiile ce au loc în fază gazoasă fără variaţia numărului de moli.)5) Interpretarea ştiinţifică a unei scheme şi stabilirea concluziilor în terminologia specifică chimiei; 6) Sesizarea semnificaţiei şi importanţei legii lui Hess.

Metodologie

1) Problematizarea: a) crearea unor situaţii problemă care să permită aflarea valorii ΔH_3; b) H_{fNH_3}.

(Pentru elevii ce nu se pot descurca problematizarea este înlocuită cu descoperirea dirijată: se crează situaţia — problemă, dar gîndirea elevului este condusă spre aflarea rezultatului). 2) Conversaţia euristică: discutarea soluţiilor propuse de elevi; definirea legii lui Hess; stabilirea unor prime concluzii ce decurg din legea lui Hess. 3) Rezolvarea de pro-

Scanned with OKEN Scanner

bleme : aplicarea legii lui Hess pentru aflarea efectului termic ce însoțește obținerea 1 m^3 de CO_2 din CO.

Mijloace de învățământ : retroproiector ; fișe de lucru.

Apar la retroproiector ecuațiile următoare reacții de lucru :

$$C_{(S)} + H_2O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)} \; ; \; \Delta H_1 = -101{,}4/\text{mol} \; ; \; \Delta H_2 = -282{,}8\,\text{KJ mol} \; ; \; \Delta H_3 = ?$$

$$CO_{(g)} + 1/2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$$

$$C_{(S)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$$

și următoarea sarcină de lucru : Calculați variația de entalpie ce însoțește reacția a treia. (Timp de lucru 5 minute).

Pentru anumite grupe de elevi apar la masă următoarele indicații :

Priviți cu atenție ecuațiile reacțiilor chimice de mai sus și : a) obțineți ecuația (3) din ecuațiile (1) și (2), b) obțineți ΔH_3 pe baza acelorași operații aplicate reacțiilor chimice.

Profesorul trece pe la mese dînd indicații suplimentare acolo unde este cazul.

— Se discută apoi ambele variante de rezolvare.

a) Se arată că variația de entalpie a primei reacții reprezintă tocmai $H_{fCO(g)}$. Din a doua reacție în care se cunosc ΔH_2 și H_{fCO} se poate afla H_{fCO_2}, care reprezintă tocmai variația de entalpie pentru reacția a treia după cum rumează :

$$\Delta H = H_{fCO_2} - H_{fCO} = H_{fCO_2} = \Delta H_2 + H_{fCO} = \Delta H_2 + \Delta H_1 \rightarrow$$

$$\rightarrow \Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$$

b) Cea de-a doua posibilitate de rezolvare a sarcinii de lucru este : Adunînd ecuațiile reacțiilor (1) și (2) se obține ecuația reacțiilor și anume reacției (3).

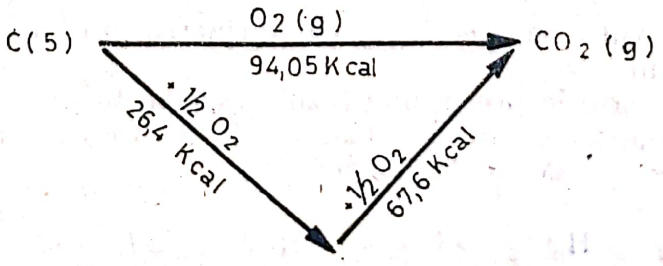
$$C_{(S)} + 1/2O_{2(g)} + CO_{(g)} + 1/2O_{2(g)} \rightarrow CO_{(g)} + CO_{2(g)}$$

Reducînd termenii asemenea se obține : $C_{(S)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$.

Aplicînd aceloraţi operații și variațiilor de entalpie se obține :

$$\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$$

Apare la retroproiector următoarea schemă :



— Se cere elevilor să scrie observațiile ce se pot desprinde de aici în caiet.

Timp de lucru (5 minute)

Se dă o altă sarcină de lucru :

Avînd la dispoziție ecuațiile reacțiilor chimice și variației de entalpie :

$$4NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2N_{2(g)} + 6H_2O_{(g)} \quad \Delta H_1 = -1265{,}7 \text{ KJ.}$$

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O \quad \Delta H_1 = -483{,}2 \text{ KJ.}$$

— aflați căldura de formare a NH_3. Timp de lucru : (5 minute). (Se poate revolza pe o foaie de hîrtie, pentru a permite profesorului să tragă concluzii asupra gradului de însușire a algoritmului).

Dacă profesorul observă că există elevi care nu se descurcă li se dă acestora o fișă cu următoarele indicații : a) amintiți-vă definiția H_f pentru o substanță ; b) scrieți ecuația reacției de obținere a NH_3 din elemente ; c) obțineți aceeași ecuație pe baza ecuațiilor (1) și (2) ; d) calculați acum variația de entalpie ce însoțește formarea unui molde NH_3.

— Se discută la tablă soluțiile corecte arătîndu-se ambele posibilități de rezolvare a algoritmului.

În continuare profesorul arată că ceea ce s-a redescoperit constitue ceea ce a descoperit în 1830 Hess, lege care îi poartă numele.

Se citesc apoi concluziile scrise de elevi în caiet, se ajunge la răspunsul corect, punctîndu-se că de fapt aceasta este legea lui Hess, lege ce este enunțată în continuare :

Căldura absorbită sau degajată într-o reacție chimică depinde numai de starea inițială și finală a sistemului, fiind independentă de calea urmată de reactanți pentru a ajunge la produși.

Se fixează această definiție ptin aplicarea și la cazul obținerii CO_2, din C și CO.

Se arată apoi utilitățile legii lui Hess ce decurg din exemple discutate : a) — aflarea căldurii de formare a unei substanțe ; b) — alfarea variației de entalpie pentru reacții greu de condus practic.

Profesorul arată că se vor studia și alte aplicații ale legii lui Hess.

— Se rezolvă în continuare problema următoare :

Prin tratarea vaporilor de H_2O cu cărbune au loc reacțiile :

$$C_{(s)} + H_2O_{(g)} \rightarrow CO_{(g)} + H_{2(g)}. \quad \Delta H = -124 \text{ KJ/mol}$$

$$C_{(s)} + 2H_2O_{(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_{2(g)} \quad \Delta H = -75 \text{ KJ/mol.}$$

Se cere efectul termic ce însoțește obținerea unui m^3 de CO_2 din CO la 25°C și 1 atm.

Etapele pe care le presupune rezolvarea problemei, sînt :

Scrierea ecuației ce arată obținerea CO_2 din CO și obținerea acestuia din ecuațiile ce le avem la dispoziție :

$$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + H_{2(g)} \quad \Delta H = ?$$

II Obținerea vîorii ΔH pentru un mol de CO_2.
III Aducerea volumului molar la condițiile problemei : $V_1 = 24{,}451$.
IV Efectul termic pentru condițiile problemei ce însoțește obținerea $1\ m^3$ de CO_2 este : $\frac{1000}{24{,}45} \cdot 49\ KJ = 2004{,}09\ KJ$.

Chestiuni suplimentare :

a) — Aflați ΔU ce însoțește obținerea unui m^3 de CO_2 în aceleași condiții. (R) : $\Delta H = \Delta U$: reacția decurge fără variația numărului de moli ; b) — Reacția este avantajoasă din punct de vedere econmic ? Se dau temă problemele nr. 3 și 4 din manual pag. 83.

Lecția nr. 4 : Consecințele legii lui Hess

Obiective specifice :

1) Caracterizarea unor reacții după cît mai multe criterii ; 2) Analiza unei ecuații chimice și a unei reprezentări grafice pentru a putea enunța cele două consecințe ale legii lui Hess ; 3) Discutarea unei reacții chimice pentru alegerea practică a condițiilor optime de desfășurare ; 4) Trecerea de la legea lui Hess la legea Lavoisier — Laplace ; 5) Aplicarea legii lui Hess pentru aflarea H°_{fC} (diamant) ; 6) Corelarea stabilității unei substanțe cu căldura de formare ; 7) Indicarea utilizărilor unei substanțe pe baza cunoașterii proprietăților acesteia.

Metodologia

1) Descopeirirea dirijată : rezolvarea celor două sarcini de lucru. Lăsarea elevilor să deducă metoda grafică de rezolvare a celei de-a doua sarcină de lucru ; 2) Conversația euristică : aflarea valorii ΔH_2 și a rezultatelor, stabilirea concluziilor și comunicarea lor în limbajul specific chimiei — exprimarea corectă a celor 3 consecințe ale legii lui Hess ; 3) Expunere sistematică de cunoștințe :

— prezentarea importanței H_2SO_4 pentru economia națională ;
— prezentarea ecuațiilor reacțiilor chimice și a tehnologiei obținerii H_2SO_4 ; 4) Problematizarea : — explicarea temperaturii ridicate de lucru la prăjirea FeS_2.

Mijloace de învățămînt : retroproiector, fișe cu instrucțiuni de rezolvare a sarcinilor de lucru.

I. Se dau :

$$C_{(S)} + 2S_{(s)} \rightarrow CS_{2(l)} \qquad \Delta H_1 = 87{,}78\ KJ/mol$$

$$CS_{2(l)} \rightarrow C_{(s)} + 2S_{(s)} \qquad \Delta H_2 = ?$$

Se cere :

a) Caracterizarea acestor reacții ; b) Valoare (ΔH_2 ; c) Generalizare. (Timp 5 minute)

Urmează o discuție frontală asupra răspunsurilor elevilor.

Scanned with OKEN Scanner

Elevii pot să dea următoarele răspunsuri:

— sînt reacţii reversibile (produşii uneia fiind reactanţii celei de-a doua).

— prima este reacţie de combinare, cealaltă este reacţie de descompunere.

— formează sisteme heterogene.

a) prima este reacţie endotermă.

b) cea de-a doua reacţie este exotermă $\Delta H = -87{,}78$, deoarece ΔH, reprezintă tocmai $H_{fcS_2(l)}$ substanţă ce constituie reactantul celei de-a doua reacţii. Cum: $\Delta H = \Sigma n_p H_p - n_r H_r \rightarrow \Delta H_2 = H_{fcs_{2(l)}}$; $\Delta H_2 = -\Delta H_1$.

c) la reacţiile reversibile căldura reacţiei directe este egală cu căldura reacţiei inverse.

Profesorul arată că acesta este o primă consecinţă a legii lui Hess, după care se scrie titlul lecţiei pe tablă.

Aceasta este legea lui Lavoisier-Laplace.

II. Pe baza ecuaţiilor reacţiilor chimice şi a variaţiilor de entalpie corespunzătoare:

$$C_{(grafit)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_1 = -393{,}2 \text{ KJ/mol}$$

$$C_{(diamant)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta H_2 = -395{,}08 \text{ KJ/mol.}$$

Se cere: a) să se calculeze H°_{fC} (diamant); b) să se reprezinte în sistemul de coordonate: entalpie coordonată de reacţie; c) aranjaţi cele două sunstanţe în ordinea creşterii stabilităţii. (Timp 7 minute).

Profesorul dă în acest timp indicaţia: scrieţi ecuaţia reacţiei chimice care să arate transformarea C(grafit) în C(diamant).

Urmează o discuţie frontală asupra celor doul metode de aflare a H°_{fC} (diamant).

1) Se aplică legea lui Hess celor două ecuaţii ale reacţiilor chimice, în scopul obţinerii ecuaţiei:

$$-C_{(grafit)} - O_{2(g)} + C_{(diamant)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + CO_{2(g)}.$$

$$-C_{(grafit)} + C_{(diamant)} = O \rightarrow C_{(diamant)} \rightarrow C_{(grafit)}$$

$$C_{(diamant)} - C_{(grafit)} \qquad \Delta H = -\Delta H_1 + \Delta H_2.$$

$$\Delta H = H_{fC(grafit)} - H_{fC(diamant)}$$

$$H_{fC(diamant)} = H_{fC(grafit)} - \Delta H$$

$$H_{fC(diamant)} = \Delta H_1 - \Delta H_2 = (-392{,}2 + 395{,}08) \text{ KJ/mol} = 1{,}88 \text{ KJ/mol.}$$

Poate să apară suplimentar următoarea întrebare:

— Care este variaţia de entalpie a reacţiei?

$$C_{(diamant)} \rightarrow C_{(grafit(} \qquad \Delta H = ?$$

Scanned with OKEN Scanner

2) Se observă că $\Delta H_1 = H_{fCO_{2(g)}}$: introducînd încea de-a doua ecuație se obține : $H_{fC(diamant)} = \Delta H_1 - \Delta H_2$.

Pentru punctul b se discută soluția propusă de elevi.

Se arată prin săgeată sensul de evoluție a entalpiei, în sensul de calcul : se specifică că $\Delta H_1 - \Delta H_2$ reprezintă tocmai variația entalpiei reacției (3).

$$C_{(diamant)} \quad C_{(grafit)} \xrightarrow{\qquad\qquad}$$

crește stabilitatea

Pentru generalizare trebuie observat că se pleacă de la reactanți diferiți, ajungînd la produși identici și să ținem cont de ceea ce ne-a dat reprezentarea grafică.

Generalizare : Dacă se pleacă de la reactanți diferiți și se ajunge la produși de reacție identici, diferența dintre cele 2 efecte termice ale celor 2 reacții reprezentînd tocmai efectul termic ce însoțește trecerea unui reactant în celălalt.

Se dau ecuațiile următoare reacției chimice și variațiile de entalpie corespunzătoare :

$$C_2H_{2(g)} + H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{4(g)} \qquad \Delta H_1 = -174{,}26 \text{ KJ.}$$

$$C_2H_{2(g)} + 2H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{6(g)} \qquad \Delta H_2 = -311{,}2 \text{ KJ.}$$

Se cere : variația de entalpie ce însoțește reacția :

$$C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightarrow C_2H_{6(g)} \qquad \Delta H_3 = ?$$

b) aranjarea celor 3 substanțe în ordinea creșterii stabilității.

c) *Generalizare*

— Se discută frontal cele 2 soluții propuse de elevi :

1) — aceea plecînd de la legea lui Hess și cea grafică.

Ca și în cazul anterior se ține cont că pentru generalizare se pleacă de la reactanții identici și se ajunge la produși diferiți și de aceea ce indică reprezentarea grafică.

Generalizare :

Dacă în 2 reacții chimice se pornește de la aceeați reactanți și se ajunge la produșii diferiți, variația de entalpie între cele două reacții reprezintă efectul termic și însoțește trecerea unui produs de reacție în celălalt.

Urmează un moment de fixare a celor 3 consecințe ale legii lui Hess, moment realizat prin conversație frontală.

Profesorul arată modul în care ne slujim de legea lui Hess în calculul variației de entalpie pentru unul din numeroasele procese industriale.

Scanned with OKEN Scanner

Utilizarea legii lui Hess pentru evaluarea efectului termic al procesului de prăjire a piritei.

După ce se arată că H_2SO_4 este unul din cele mai importante produse industriale se împart reacţiile ce au loc în reactor în :

1) reacţii ce stau la baza obţinerii SO_2 ; 2) reacţii de oxidare a acesteia la SO_3 ; 3) reacţii de transformare a acestuia în H_2SO_4.

Se arată cîteva aplicaţii ale H_2SO_4.

Nu se studiază decît prima fază, respectiv obţinerea SO_2.

— Materia primă pentru obţinerea H_2SO_4 este pirita : FeS_2.

Se observă că însumînd toate reacţiile de obţinere :

$4FeS_2 + 11O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 8SO_2$ şi $\Delta H = -3407{,}54$ KJ, obţinută în acelaşi mod din variaţiile de entalpie corespunzătoare fiecărei reacţii : este exotermă. $\Delta H = -3407{,}64$ KJ.

Au loc discuţii asupra acestei reacţii : este exotermă $\Delta H = -3407{,}5$K

— Proces heterogen cu 2 faze : solid-gaz

timp de lucru : 7—8min.

— Trebuie asigurat volum suficient de aer pentru a evita formarea Fe_3O_4.

— Variante tehnologice : Strat fix ; Suspensie sau strat fluidizat ; Se insistă pe a doua variantă tehnologică ce asigură o suprafaţă mai mare de contact, ceea ce duce la un randament superior.

— Se cere elevilor să explice temperatura ridicată la care se lucrează în ciuda faptului că reacţia este exotermă.

Lecţiile nr. 6 şi 7 : Căldura de dizolvare. Căldura de neutralizare

Obiective specifice : 1) Efectuarea unui experiment după instrucţiuni ; 2) determinarea formulelor căldurilor molare de dizolvare şi neutralizare ; 2) Legarea definiţiei căldurii molare de dizolvare de conceptele : acid tare — acid slab, bază tare — bază slabă ; 4) explicarea diferenţei din ΔH diz (NaOH) şi ΔH diz (NH_3) ; 5) asimilarea importanţei industriale a cunoaşterii efectelor termice de neutralizare şi a posibilităţilor de utilizare a acestora ; 6) asimilarea tehnologiei de obţinere a NH_4NO_3 ; 7) aplicarea formulelor de calcul în rezolvarea de probleme.

Metodologia

1) Experimentul a) determinarea căldurii molare de dizolvare pentru NaOH ; b) determinarea căldurii molare de neutralizare cu NaOH(s), a NaOH (sol) şi a NH_4OH ; 2) Descoperirea dirijată : definirea căldurilor molare de dizolvare şi neutralizare ; 3) Conversaţia euristică : a) aflarea formulelor de calcul pentru DH (diz) şi DN (neutralizare) ; interpretarea valorilor obţinute ; b) reactualizarea unor noţiuni însuşite în clasa a IX-a : acizi tari, baze tari, reacţie de neutralizare ; 4) Expunerea sistematică de cunoştinţe : tehnologia obţinerii NH_4NO_3 5) Rezolvarea de probleme : folosirea corectă şi fixarea formulelor de calcul caracteristice celor 2 călduri molare : de dizolvare şi neutralizare.

Scanned with OKEN Scanner

Mijloace de învățământ: — subst. chimice NaOH (s); sol HCl 0,25 și 0,5 *m*; sol NaOH 0,5 m; sol NH_3 0,5 m; sol HNO_3 0,5 m; termometru; retroproiector

— Profesorul anunță tema lecției specificînd că se vor determina cîteva călduri de dizolvare și neutralizare în mod practic.

Apoi la retroproiector scheletul tabelului, pe care elevii îl trec în caiet.

Nr. exp.	Modul de lucru	Fenomenul fizic chimic	Ecuația reacției chimice	Δt $t_2 - t_1$	$Q_{(cal)}$	ΔH (cal/mol)	Concluzii
1	Se toară într-un calorimetru 200 ml H_2O, se citește temperatura cu ajutorul unui termometru. Se adaugă apoi 2NaOH cîntărit cu exactitate Se măsoară din nou temp.						
2	Se trec într-un calorimetru 200 ml soluție HCl 0,25 *m*. Se măsoară temperatura soluției de HCl 0,25 molar — se toarnă apoi 2 g NaOH solid — se măsoară din nou temperatura						
3	Se iau 100 ml soluție HCl 0,5 molar — se pun în alt calorimetru 100 ml sol 0,5 molar — se măsoară temp. soluțiilor aducîndu-se fie prin răcire, fie prin încălzire la aceeași temperatură, care se notează — se amestecă cele 2 soluții — se măsoară temperatura finală care se notează						
4	Aceeași experiență pentru HNO_3 și sol. NH_3						

— Se completează modul de lucru pentru fiecare experiență în caiet. Pe măsură ce elevii efectuează experiența trec rezultatele în caiet și completează rubricile următoare. Cînd ajung la completarea rubricii ΔH după ce se aplică formula se dă definiția căldurii molare de dizolvare ca fiind căldură degajată sau absorbită la dizolvarea unui mol de substanță într-o cantitate foarte mare de solvent.

Scanned with OKEN Scanner

— Se trece la experienţa a doua.

După scrierea modului de lucru are loc o discuţie frontală care reactualizează: solubilitatea compuşilor ionici; acizi tari şi acizi slabi; gradul de ionizare măsură a tăriei unui acid; reacţia de neutralizare — reacţia dintre un acid şi o bază; baze tari şi baze slabe, pentru a se putea trece la forma ionică;

— Se completează rubricile din tabel, după care se dă definiţia căldurii molare de neutralizare: entalpia molară de dizolvare reprezintă căldura degajată cînd un ion-gram hidroniu reacţionează cu un ion gram de ioni hidroxid în soluţie diluată cu formarea unei molecule gram de (apă)

— Se discută apoi comparativ ΔH de neutralizare folosind ca bază NaOH şi ΔH înregistrată în urma neutralizării NH_3; explicîndu-se aceste diferenţe.

Şi în industrie se fac astfel de calcule privind evaluarea căldurii molare de dizolvare sau neutralizare — arată profesorul.

Acolo unde reacţia exte exotermă, căldura degajată din reacţie se valorifică, realizîndu-se astfel o serie de economii.

Se arată apoi schema tehnologică de obţinere a NH_4NO_3 (îngrăşământ important) şi modul de utilizare a căldurii de neutralizare în cursul fluxului tehnologic.

— Pentru fixare se propune următoarele *probleme*:

1) Într-un calorimetru de Cu cu masa egală cu 1,5 Kg şi căldura specifică 0,09 cal/g °C se ard 2 kg $C_2H_5—OH$ în soluţie, cunoscînd $\Delta t = 17{,}5°C$, $H^{\circ}_{fCO_{2(g)}} = -94{,}05$ JKcal/mol, $H^{\circ}_{f(H_2O(l))} = -68{,}32$ Kcal/m $H^{\circ}_{fC_2H_5-OH(l)} = -66{,}36$ Kcal/mol se cere concentraţia soluţiei de $C_2H_5—OH$.

— Se neutralizează o soluţie de KOH cu 50 ml sol HCl de concentraţie 0,1 molar obţinîndu-se 250 ml soluţie. Căldura de reacţie fiind 286,33 J se cere: a) concentraţia molară a sol de KOH; b) căldura molară de neutralizare exprimată în KJ/mol 2) Se amestecă 18,8 ml soluţie NaOH 0,2 *m* cu 100 mol soluţie HCl, obţinută prin diluarea unei soluţii de 18% HCl, fiecare avînd o temperatură de 22°C. După neutralizare temperatura noii soluţii devine egală cu 23,8°C. Se cere: a) concentraţia molară a soluţiei acide pentru ca neutralizarea să fie completă; b) volumul soluţiei de 18% HCl $\rho = 1{,}089/cm^3$) necesară neutralizării; c) căldura de neutralizare (ρ sol după neutralizare = 1,188 g/cm^3.

Lecţia nr. 8: Relaţia între variaţia de entalpie şi energia de legătură.

Obiective specifice: 1) Generalizarea naturii termochimice a procesului în funcţie de sensul de evoluţie a sistemului: de la o formă stabilă la alta sau invers; 2) Sesizarea diferenţelor şi asemănărilor între energia de disociere şi energia de legătură; 3) Introducerea formulei de calcul a variaţiei de entalpie în funcţie de energia de legătură a variantei de aplicare a acesteia în funcţie de natura procesului: a) — proces cu rupere de legături chimice; b)—proces cu rupereau nor legături chimice şi formarea altora noi, caracteristice produşilor; 4) Prevederea uşurinţei de rupere a unei legături chimice în funcţie de stabilitatea unei substanţe şi invers; 5) Aplicarea formulei de calcul a variaţiei de entalpie calculată în raport cu entalpia de legătură pentru rezolvarea unei probleme.

Scanned with OKEN Scanner

Metodologia 1) Conversaţia euristică : a) motivarea necesităţii luminii sau a temperaturii în distrugerea unei legături chimice ; b) caracterizarea termică a fenomenelor de rupere şi formare de legături chimice ; 2) Descoperirea dirijată : aflarea valorilor anumitor energii de disociere şi din acestea a valorilor energiilor de legătură ; 3) Expunerea sistematică de cunoştinţe : definirea energiei de disociere şi a energiei de legătură ; 4) Rezolvarea de probleme : aflarea variaţiei de entalpie cunoscînd valorile energiilor de legătură ; 5) Problematizarea : explicarea structurii, stabilităţii şi a reactivităţii unei substanţe cunoscîndu-se anumite valori ale energiilor de legătură.

Mijloace de învăţămînt : retroproiector

— După ce printr-o discuţie frontală se specifică rolul luminii sau al temperaturii în reacţia $Cl_2 \rightarrow 2Cl^{\bullet}$ se cere caracterizarea din punct de vedere termic a fenomenelor.

a) $$C_3H_{8(g)} \rightarrow 3C_{(g)} + 8H_{(g)}$$

b) $$2C_{(g)} + 6H_{(g)} \rightarrow H-\overset{H}{\underset{H}{C}}-\overset{H}{\underset{H}{C}}-H$$

— pentru ca apoi să se poată generaliza

După o discuţie cu clasa — cu care ocazie se specifică că primul este un fenomen endoterm (fenomen ce constă în distrugerea unui edificiu molecular stabil) iar al doilea este un fenomen exoterm întrucît se pleacă de la atomi instabili ajungîndu-se ls molecule stabile—se ajunge la următoarea generalizare :

1) Ruperea (desfacere) legăturilor chimice este însoţită de absorbţie de energie, deci este un fenomen endoterm.

2) Formarea de legături chimice este un fenomen exoterm, deci are loc cu degajare de energie.

— Se dau ecuaţiile următoarelor fenomene chimice şi variaţiile de entalpie corespunzătoare :

$$H_2O(g) \rightarrow H(g) + OH(g) \qquad \Delta H_1 = 501{,}2 \text{ Kj}$$

$$HO(g) \rightarrow H(g) + O(g) \qquad \Delta H_2 = 423 \text{ KJ}$$

Se cere : a) explicaţi valorile pozitive ale lui ΔH_1 şi ΔH_2 ; b) explicaţi diferenţa dintre cele 2 valori ; c) aflaţi variaţia de entalpie ce însoţeşte eliberarea oricărui atom de hidrogen din molecula de H_2O.

Timp de lucru 5 minute.

— Fără să se discute răspunsurile faţă de elevi în caiet se trece la următoarea sarcină de lucru.

Scanned with OKEN Scanner

Se dau ecuațiile următoare și variațiile de entalpie corespunzătoare :

$CH_4 + CH_3 + H$ $\qquad$ $\Delta H_1 = 430{,}5$ Kg/mol.

$CH_3 \rightarrow CH_2 + H$ $\qquad$ $\Delta H_2 = 372$ KJ/mol

$CH_2 \rightarrow CH + H$ $\qquad$ $\Delta H_3 = 415$ KJ/mol

$CH \rightarrow C + H$ $\qquad$ $\Delta H_4 = 338{,}6$ KJ/mol.

Se cere variația de entalpie ce însoțește desprinderea uneia dintre atomi de hidrogen. Timp de lucru 2 minute.

Se discută valoarea obținută de elevi și se corectează eventualele greșeli de la primul punct.

Profesorul arată că fiecare din cele 4 valori $\Delta H_1 \ldots \Delta H_4$ se naște energie de disociere iar valoarea ΔH obținută se numește energie de legătură.

Se dau în continuare defințiile pentru energie de disociere și energie de legătură.

Energia de disociere — reprezintă energia necesară ruperii date legături dintr-un compus.

Energia de legătură este media energiei de disociere pentru un anumit tip de legătură.

— Se dă notația specifică pentru energia de legătură : E

— Se exemplifică modul de calcul a energiei de legătură O—H arătîndu-se că se ține cont că și alcoolii conțin această funcțiune.

— Calcaulați variația de entalpie pentru reacția :

$$SiH_{4(g)} + 4HCl_{(g)} \rightarrow SiCl_{4(g)} + 4H_{2(g)}$$

Se dau

$\varepsilon_{Si-H} = 317{,}68$ KJ/mol

$\varepsilon_{H-Cl} = 427{,}61$ KJ/mol

$\varepsilon_{Si-Cl} = 405{,}76$ KJ/mol

$\varepsilon_{H-H} = 431{,}58$ KJ/mol

Se specifică de către profesor că variația de entalpie ΔH pentru o reacție este egală cu diferența dintre suma energiilor tuturor legăturilor care se rup și suma energiilor tuturor legăturilor care se formează.

Se obține :

$$\Delta H = \Sigma\, \varepsilon \text{ leg desf.} - \Sigma\, \varepsilon \text{ leg. formate} \rightarrow \Delta H = \Sigma\, \varepsilon_{react.} - \Sigma\, \varepsilon_{prod.}$$

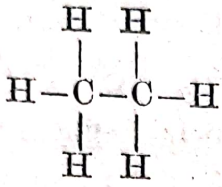
— Aplicînd relația pentru rezolvarea problemei se obține :

$$\Delta H = 4\varepsilon_{Si-Cl} + 4\varepsilon_{H-H} - 4\varepsilon_{Si-H} - 4\varepsilon_{H-Cl} = 4 \times 91{,}75 \text{ KJ/mol.}$$

Scanned with OKEN Scanner

— Se discută apoi stabilitatea relativă a produşilor faţă de a reactanţilor, informaţie obţinută cu ajutorul energiilor de legătură.

— Se dă



$$\rightarrow 2C(g) + 6H(g) \qquad \Delta H = 2819{,}8 \text{ KJ}$$

$$\varepsilon_{C-H} = 413{,}8 \text{ KJ/mol}$$

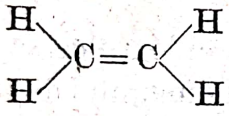
Se cere: ε_{C-C}

Aplicînd formula $\Delta H = \Sigma \varepsilon$ leg desf. — $\Sigma \varepsilon$ leg. formate se obţine:

$$\Delta H = 6\varepsilon_{C-H} + \varepsilon_{C-C} \rightarrow \varepsilon_{C-C} = \Delta H - 6\varepsilon_{C-H} = 337{,}4 \text{ KJ/mol.}$$

Activitatea continuă la nivelul a două grupe mari:

— O grupă calculează $\varepsilon_{C=C}$ pe baza următoarelor date:



$$\rightarrow 2C(g) + 4H(g) \qquad \Delta H = 2273{,}9 \text{ KJ}$$

Cealaltă grupă calculează $\varepsilon_{C\equiv C}$ pe baza ecuaţiei de mai jos şi a variaţiei de entalpie corespunzătoare:

$$H-C\equiv C-H \rightarrow 2C(g) + 2H(g) \qquad \Delta H = 15{,}385 \text{ KJ.}$$

Timp de lucru 2 minute.

Se comunică rezultatele obţinute, rezultate ce se scriu pe tablă. Elevii au de explicat structura stabilitatea şi reactivitatea celor 3 substanţe:

H_3C-CH_3, $H_2C=CH_2$, $HC\equiv CH$ pe bază ε_{C-C}, $\varepsilon_{C=C}$, $\varepsilon_{C\equiv C}$.

— Calculaţi efectul termic se însoţeşte hidrogenarea totală a 189 g amestec echimolecular de etenă şi acetilenă.

Lecţia nr. 9: Entropia, o altă mărime ce caracterizează sistemul. Factorul de care depinde valoarea entropiei.

Obiective specifice: 1) efectuarea unui experiment după instrucţiuni stabilirea concluziilor ce se desprind şi comunicarea acestora în terminologia specifică chimiei; 2) legarea spontaneităţii unei reacţii de creşterea gradului de dezordine; 3) cunoaşterea definiţiei entropiei; 4) înţelegerea factorilor ce influenţează valoarea entropiei; 5) explicarea influenţei unor factori asupra entropiei.

Scanned with OKEN Scanner

Metodologia : 1) Experimentul pentru evidnţierea unui factor spontan, împrăştierea moleculelor de clor printre moleculele de H_2O ; 2)Problematizarea : fenomene endoterme apar ca fenomene spontane, concluzie ce contrazice ceea ce elevii ştiau anterior ; 3) Expunerea sistematică de cunoştinţe — definirea entropiei, a notaţiei specifice a unităţilor de măsură şi a unor formule de calcul pentru ΔS ; 4) Conversaţia euristică : fenomene spontane, fenomene ce duc la creşterea gradului de dezordine ; analiza factorilor ce influenţează valoarea entropiei ; explicarea acestor influenţe.

Mijloace de învăţămînt.

Substanţe : $KMnO_4$; soluţie HCl (sol. concentrată) ; termometru ; retroproiector.

Se reactualizează că un sistem este cu atît mai stabil cu cît energia sa este mai mică, deci că o reacţie exotermă poate fi considerată spontană, întrucît energia produşilor este mai mică decît energia reactanţiilor.

— Elevii efectuează după instrucţiuni următoarea experienţă : Într-o eprubetă toarnă $KMnO_4$ şi apoi soluţie concentrată de HCl. Cu ajutorul unui tub de sticlă îndoit trec clorul într-o eprubetă cu apă.

— Se trag concluziile asupra modificărilor de culoare ce se observă.

Se cere elevilor să aprecieze spontaneităţile fenomenului de împrăştiere.

— Urmează dizolvarea zahărului în apă şi măsurarea temperaturii soluţiei obţinute, caracterizarea fenomenului.

Apare aici o situaţie conflictuală : este un fenomen endoterm, dar un fenomen spontan.

Profesorul arată că şi reacţia : $C_{(g(} + H_2O_{(g)} \rightarrow CO_{(g)} + H_{2(g)}$ $\Delta H = 131{,}25$ KJ
de la anumită temperatură este un fenomen spontan.

Avînd ca suport această situaţie-problemă, profesorul arată că în aceste situaţii, factorul determinant al spontaneităţii este entropia după care defineşte entropia, ca fiind o măsură a gradului de dezordine al sistemului.

— Se prezintă apoi de profesor : notaţia entropiei ; unitatea de măsură ; formulele de calcul pentru variaţia de entropie a sistemelor reversibile ($\Delta S = Q/T$) cît şi ireversibile ($\Delta S < Q/T$) ; formule de calcul ce leagă valoarea entropiei de un sistem care reacţionsază chimic :≔ KlnW
Arătaţi spontaneitatea unui proces în funcţie de variaţia de entropie.

Se cere elevilor să observe că a crescut în fiecare caz gradul de dezordine, a avut loc o creştere a entropiei ceea ce înseamnă că se poate generaliza : un fenomeneste spontan cînd $\Delta S > 0$.

— Profesorul cere în continuare elevilor să explice următoarele variaţii de entropie şi să generalizeze :

a) $I_2(g) \rightarrow I_2(g)$

$S°I_{2(s)} = 116$ J/mol grad $\qquad S°I_2(g)$ 260,4 J/mol.gra$_3$

b) $H_2O(1) \rightarrow H_2O(g)$

$S^\circ_{H_2O(l)} = 69{,}81$ J/mol.grad $\quad S^\circ_{H_2O(g)} = 188.52$ J/mol.grad

După răspunsuri elevii efectuează prima experiență : pentru verificarea experienței ce constituie un bun prilej de reactualizarea noțiunii de sublimare.

— Se cere apoi elevilor să dea răspuns la următoarele întrebări : a) cum se modifică entropia odată cu scăderea temperaturii și de ce? b) cît devine entropia în apropierea de 0°K.

— Pentru a deduce influența masei moleculare asupra variației de entropie se pleacă de la următoarele întrebări :

Care este factorul care determină variația de entropie în cazul de mai jos :

	$F_2(g)$	$Cl_2(g)$	$Br_2(g)$	$I_2(g)$
$S°$ J/mol.grad	203	222,9	224,5	260,41
	$O(g)$	$O_2(g)$	$O_3(g)$	
$S°$/Jmol.grad	160,9	204,8		

— Se cere în continuare : Explicații și generalizați modul de variație al entropiei în următoarele situații :

$$Na^+Cl^-(s) \rightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$S°$J/mol.grd	72,3	60,2 + 55,2

$$HCl(g) \rightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

$S°$ J/mol.grad	186,7	55,2

În finalul reacției este obligatoriu un anunț de fixare :
Factorii care influențează valoarea entropiei sînt :

a) temperatura
b) masa molară
c) vaporizare sau sublimare
d) dizolvarea unui solid în apă

} crește odată cu creșterea parametrului.

e) dizolvarea unui gaz în apă
f) creșterea tăriei legăturilor chimice

} scade lafrești erea parametrului.

Scanned with OKEN Scanner

Lecția nr. 10 : I. Variația de entropie într-o reacție chimică. II. Sensul în care o reacție chimică decurge spontan. III. Entalpia liberă.

Obiective specifice

1) Scrierea formulei de calcul a variației de entropie, formulă ce pune în evidență proprietatea sa de funcție de stare ; 2) reprezentarea unui grafic, citirea și legarea valorii lui ΔS de spontaneitatea unei reacții 3) Aflarea $S^\circ_{CaO(s)}$ cînd se cunoaște reacția al cărei produs este ; 4) efectuarea unui experiment după instrucțiuni cu scopul determinării valorii lui ΔG ; 5) interpretarea rezultatului unei experiențe și comunicarea concluziilor în terminologia specifică chimiei ; 5) stabilirea celor 2 posibilități de aflare a lui ΔG.

Metodologia : 1) Expunerea sistematică de cunoștințe : a) definirea lui ΔG ; b) stabilirea formulelor de calcul pentru ΔG ; 2) Conversația euristică : a) interpretarea formulei de calcul ; pentru ΔS b) interpretarea reprezentării grafice și prevederea sensului de spontaneitate a unei reacții ; c) reactualizarea unei noțiuni primite izolat referitor la spontaneitatea unei reacții ; 3) Rezolvarea de probleme : pentru corelarea spontaneității cu valoarea ΔS, aplicarea formulei de calcul a variației de entropie pentru o reacție chimică ; 4) Problematizarea : elevii descoperă că trebuie introdusă o nouă funcție care să indice cu certitudine spontaneitatea unei reacții 5) Experimentul : aflarea ΔG° a reacției dintre $AgNO_3$ și Cu

Mijloace de învățământ : a) subst. chimice (sol $AgNO_3$, Cu) ; termometru ; pahar Berzelius ; electrozi (Ag, Cu) ; soluție de $CuSO_4$; punte de sare, voltmetru.

— Se cere elevilor ca pe baza informației : entropia este ca și entalpia o funcție de stare, să se arate în ce constă această proprietate, formula de calcul a variației de entropie pentru o reacție chimică, reprezentarea grafică în sistemul de coordonate : entropie, coordonată de reacție, a variației de entropie într-o reacție chimică, concluziile ce se pot trage în urma reprezentării grafice.

Au loc discuții frontale cu care prilej se specifică faptul că entropia depinde numai de starea inițială și finală a sistemului, nu se poate măsura entropia la un moment dat pentru un sistem (este o funcție de stare), este normal deci ca formula de calcul pentru variația de entropie să fie : $\Delta S = \Sigma\, n_p\, S_p - \Sigma\, n_r S_r S$ În urma reprezentării grafice după cum urmează :

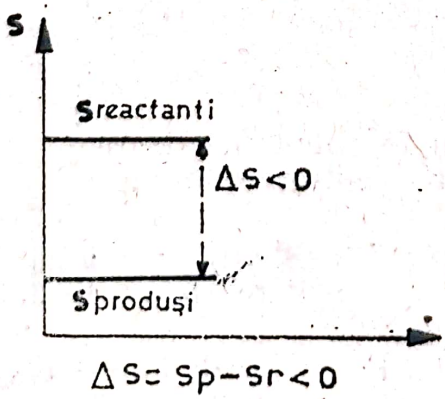


Fig. 3

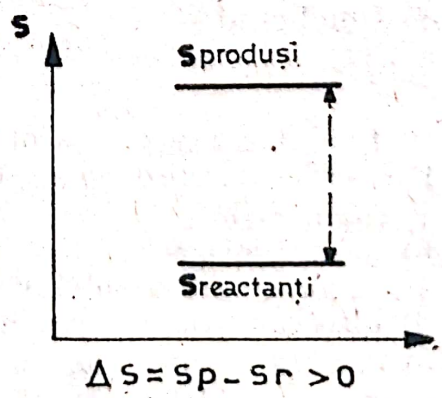


Fig. 4

se poate aprecia că prima reacție ce se caracterizează prin $\Delta S > 0$ este o reacție spontană, iar a doua este o reacție invers spontană avînd $\Delta S < 0$.

Considerînd că descompunerea pietrei de var ar avea loc fără nici o variație de entalpie, calculați entropia standard a $CaO_{(s)}$, dacă variația de entropie în timpul reacției : $\Delta S = 160{,}5$ J/mol, iar entropia standard a $CaCO_{3(s)} = 92{,}79$ J/mol. Se dă $S^{\circ}_{CO_2(g)} = 213{,}6$ J/mol.

Problema constituie un bun prilej de discuție asupra spontaneității reacției cînd se cunoaște $\Delta S > 0$ și a aplicării formulei de calcul a variației de entropie pentru reacțiile chimice în cazul particular al aflării $S^{\circ}_{CaO(s)}$. Se obține $S^{\circ}_{CaO(g)} = 39{,}62$ J/mol. Se reactualizează cele 2 condiții ce trebuie îndeplinite pentru a fi o reacție spontană.

$\Delta H < 0$ (scade energia internă a sistemului)

$\Delta S > 0$ (crește gradul de dezordine al sistemului), pentru a se crea o situație conflctuală prin prezentarea ecuației chimice :

$H_2(g) - 1/2O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$ caracterizată prin $\Delta H = -241{,}6$ KJ/mol și $\Delta S = -44{,}4$ J/mol despre care profesorul spune că reprezintă în anumite condiții ecuația unei reacții spontane. Se trage concluzia că nici una din cele 2 condiții nu sînt suficiente pentru prevederea spontaneității unei reacții, de acesa este necesară introducerea unei noi funcții de stare (care să exprime matematic o relație între H și S) numită entalpia liberă.

Se va determina experimental valoarea entalpiei libere pentru reacția :

$$2AgNO_3 + Cu \rightarrow Cu(NO_3)_2 + {}_2Ag\,;\ 2Ag^{+} + Cu \rightarrow Cu^{+2} + 2Ag$$

— Efectuați experiențele după indicațiile ce la aveți mai jos :

Nr. exp.	Modul de lucru	Δt	Q(joule)	ΔH(joule/mol)	Concluzii
1	a) Turnați soluția de $AgNO_3$ în calorimetru de la masă b) Măsurați temperat. t_1 c) Adugați proba de Cu în pahar. d) Măsurați din nou temp.				măsurată ΔH pentru prima reacție mai mare decît ΔH pentru a II-a reacție O parte din căldura de reacție este cedată mediul din a II-a reacție
2	a) Cu aceleași cant. din aceleași subst. în continuare alcătuiți un element galvanic b) Înainte de închiderea circuitului exterior, introduceți și un termometru și — notați noua dif. de temp. — Închideți circuitul				

Profesorul anunță că oparte din căldura de reacție este cedată mediului sub formă de căldură de reacție (Q), iar o parte este valorificată sub formă de lucru util, transformîndu-se în energie electrică (ΔG); Aflați valoarea lui ΔG,

$\Delta H = \Delta G + Q$; se deduce de aici : $\Delta H = \Delta G + T\Delta S \rightarrow \Delta G = \Delta H - T\Delta S$

Scanned with OKEN Scanner

— Se discută în încheiere : semnul lui ΔS ; apoi se arată că pentru această reacție $\Delta H < 0$ $\Delta S < 0$ și că reacția este spontană.

— Se cere elevilor să scrie formula de calcul în funcție de produși și reactanți, știind că este o funcție de stare.

Lecția nr. 11 : Entalpia liberă, criteriu de spontaneitate a unei reacții chimice

Obiective specifice

1) reactualizarea formulelor de calcul pentru ΔH și ΔS, pentru a se putea calcula valoarea ΔG ; 2) legarea noilor cunoștințe de cele anterioare pentru aflarea valorii variației de entalpie liberă caracteristică reacțiilor spontane ; 3) rezolvarea unor probleme în care se aplică formulele de calcul pentru ΔG ; 4) aplicarea criteriilor de spontaneitate pentru cazul concret al vaporizării apei ; 5) comunicarea rezultatelor unei probleme și interpretarea acestora în terminologia specifică chimiei.

Metodologia

1) Problematizarea : prezentarea ecuației unei reacții ce îndeplinește numai una din condițiile spontaneității pentru aflarea valorii lui ΔG caracteristică relațiilor spontane ; 2) Rezolvarea de probleme : a) aflarea valorilor lui ΔG cunoscîndu-se H_f° și S° pentru reactanți ; b) aflarea temperaturii la care sistemul se găsește în echilibru ; c) aflarea temperaturi limită de spontaneitate a unui fenomen ; 3) Conversația euristică a) reactualizarea scopului de studiere a lui ΔG ; b) caracterizarea spontaneității în funcție de valoarea ΔG ; c) natura permanenței spontaneității a unei reacții sau a imposibilității desfășurării în acel sens d) interpretarea rezultatelor problemei.

— Să se precizeze dacă reacția de descompunere a $C_6H_6(1)$ în elemente la 25° este spontană.

Se dau :

$$H_{fC_6H_6(1)} = -48{,}9 \text{ KJ/mol}$$

$$S^\circ_{C_6H_6(1)} = 173, \text{ J/mol grad}$$

$$S^\circ_{H_2(g)} = 130{,}5 \text{ J/mol.grad}$$

$$S^\circ_{C(s)} = 5{,}85 \text{ j/mol.grad}$$

Timp de lucru = 7 minute

— Se discută apoi răspunsurile date de elevi în clasă :

— se scrie întîi ecuația reacției chimice de descompunere a $C_6H_{6)1)}$ în elemente $C_6H_{6(1)} \rightarrow 6C_{(S)} + 3H_{2(g)}$

— Se calculează ΔH pentru reacție $\Delta H = -48{,}9$ KJ/mol deci $\Delta H < 0$

— Se calculează ΔS pentru reacție $\Delta S = 253{,}6$ KJ/mol, deci $\Delta S > 0$

Concluziile ce se pot trage: $\Delta S > 0$, $\Delta H < 0$ sînt îndeplinite amîndoul condiţiile ca o reacţie să fie spontană

— Reacţia este spontană.

— Se reactualizează necesitatea studierii entalpiei libere, arătîndu-se în continuare că aceasta fiind cu certitudine o reacţie spontană este un bun prilej de a corela semnul lui ΔG cu spontaneitatea reacţiei.

$$\Delta G = (-48{,}9 - 298 \times 253{,}6 \cdot 10^{-3} \text{ Kj/mol} = -124{,}47 \text{ Kj/mol} > \Delta G < 0$$

— Prin discuţii frontale se consolidează că o reacţie este spontană dacă $\Delta G < 0$.

În condiţii standard se cer precizări asupra spontaneităţii reacţiei

$$CO(g) + 3H_2(g) \rightarrow CH_4(g) + H_2O(l)$$

b) Aceeaşi întrebare pentru temperatura de 477,2°C (se consideră entalpiile şi entropiile caracteristice substanţelor independente de temperatură), şi avem:

$H_{fCO(g)} = 26{,}52$ Kcal/mol

$H_{fCH_4(g)} = -17{,}9$ Kcal/mol

$H_{fH_2O(l)} = -68{,}32$ Kcal/mol

$S^{\circ}_{CO(g)} = -47{,}3$ cal/mol.gra$_3$

$S^{\circ}_{H_2(g)} = 31{,}21$ cal/mol.gra$_3$

$S^{\circ}_{CH_4(g)} = 44{,}5$ cal/mol grad

$S_{H_2O(l)} = 16{,}72$ cal/mol.grad

— Timp de lucru 10 minute

— Se discută apoi frontal primul punct, trecîndu-se la tablă punctul b) al problemei:

Pentru rezolvarea punctului b) folosim valorile $\Delta H = -59{,}8$ Kcal/mo[şi $\Delta S = -79{,}71$ Kcal/mol obţinute la primul punct.

Înlocuind pentru $t = 477{,}2$°C şi obţinem: $\Delta G = 0$

— Profesorul arată că un sistem ce se caracterizează prin $\Delta G = 0$, este un sistem în echilibru.

— Se fac discuţii în funcţie de valoarea lui ΔG după cum urmează:

$\Delta G < 0$, reacţia este spontană; se corelează cu valorile ΔH şi ΔS

$\Delta G = 0$, sistemul se află în echilibru.

$\Delta G > 0$, reacţia este invers spontană; se corelează cu valorile ΔH şi ΔS

În încheiere se discută răspunsul pentru problema:

— căldura de vaporizare (ΔH) a apei la 105° este de 40066 J/mol.

— variaţia de entropie este 107,4 J/mol grade.

Precizaţi limitele de spontaneitate ale reacţiei; cu scopul introducerii temperaturii minime şi maxime de spontaneitate.

Scanned with OKEN Scanner

INTEGRAREA EXPERIMENTULUI ÎN STUDIUL REZONANȚEI MECANICE ȘI ELECTRICE ÎN SISTEME OSCILANTE CU ELEMENTE CONCENTRATE

prof. *VALERIA ANGHEL*, prof. *GEORGEL ARHIRE* — Iași

Modelul propus pentru abordarea conceptului de rezonanță a fost generat de ideia că noțiunile de fizică cu care operează elevul licean situează această știință în categoria științelor factuale, pentru care, criteriul de verificare a adevărului este corespondența cu practica.

Modelul prezintă următoarea structură:

— înțelegerea conceptului de rezonanță folosind conceptul de energie.

— stabilirea relațiilor de analogie între sistemele mecanice oscilante cu elemente concentrate și sistemele electrice cu elemente concentrate.

Oscilatori ideali. Oscilatori reali.

Experiment: Se studiază experimental oscilațiile libere ale unui sistem resort-masă și ale unui circuit bobină-condensator.

Dispozitivele experimentale sînt redate în fig. 1.

Oscilația ideală reprezintă un proces de transformare reversibilă a energiei dintr-o formă în alta: cinetică în potențială (pentru oscilatorul mecanic), energia cîmpului magnetic în energia cîmpului electric (pentru oscilatorul electric) cu condiția ca energia totală a sistemului să se conserve.

La oscilatorul real, procesul de transformare a energiei dintr-o formă în alta este însoțită de transformarea treptată a energiei oscilatorului în energie internă (datorită forțelor de frecare la oscilatorul mecanic și rezistenței ohmice la circuitul oscilant electric) ceea ce determină scăderea amplitudinii oscilației.

Formele de energie supuse procesului reversibil de transformare, pentru sistemele oscilante analizate experimental, sînt concentrate în masa „m" și în resortul de constantă elastică „K", respectiv în bobina de inductanță „L" și condensatorul de capacitate „C". (m; K; respectiv L; C; se mai numesc și parametrii ai sistemului). Sistemele oscilante se numesc în acest caz *sisteme oscilante cu elemente concentrate*.

Analiza experimentelor permite stabilirea unor relații de analogie între sistemele oscilante mecanice și electrice: $E_{\text{potențială}}$ este analogul $E_{\text{cîmpului electric}}$. De aici rezultă $\frac{Ky^2}{2}$ este analogul lui $\frac{1}{2}q^2/C$, deci: „K" analog cu „$1/C$" și „y" analog cu „q".

În stabilirea relațiilor de analogie s-a avut în vedere și faptul că cele două tipuri de forțe: electrice (sau cvasielectrice) și de interacțiune electrostatică sînt forțe conservative.

Energia cinetică este analogul energiei cîmpului magnetic. „$1/2mv^2$" este analog cu „$1/2Li^2$, de unde rezultă că „m" este analog cu „L" și „v" este analog cu „i".

Se impune precizarea : semnul minus din legea inductiei electromagnetice sugerează „opunerea" curentului indus la variația fluxului inductor, așa cum masa inertă se opune acțiunii unei forțe exterioare sistemului.

Oscilații mecanice forțate. Rezonanța mecanică.

Pentru studiul oscilațiilor mecanice forțate se folosește dispozitivul redat în fig. 2.

Cuplajul pendulelor se poate realiza mecanic (folosind o lamelă elastică sau un resort) ori prin cîmp (fixînd pe unul din pendule un magnet).

Forța de frecare poate fi modificată rotind șuruburile pe care sînt fixate axele pendulelor.

Pe tijele oscilatorilor cuplați se află două sfere metalice de mase neegale cu posibilități de glisare, ceea ce permite modificarea lungimii pendulelor.

Experiment : Se fixează sfera metalică într-o poziție mijlocie pe tija „1" și se determină perioada de oscilație a pendulului „1". (Determinarea aceasta se efectuează cu pendulele decuplate).

Experiment : Se fixează sfera metalică de pe tija „2" în diferite poziții. Excitînd (cu aceeași amplitudine) pendulul „2" se determină pentru fiecare poziție a sferei pe tijă, amplitudinea „maximă" a pendulului „1". *Observație* : Oscilațiile pendulului „1" au aceeași perioadă cu ale pendulului „2".

Se obțin următoarele date experimentale :

T(perioada) (s)	Amplitudinea ptr. amortizare mică (mm.)	Amplitudinea pendulului „1" ptr. amortizare mare (mm.)
0,88 secunde	18 mm.	11 mm
0,90	20	16
0,94	30	20
0,96	40	25
0,98	70	30
1,00	85	35
1,02	54	40
1,04	42	31
1,06	28	25
1,08	20	18

Concluzii : — Amplitudinea oscilațiilor forțate este maximă numai atunci cînd perioada de oscilație a pendulului excitator „2", este aproximativ egală cu a sistemului rezonator „1".

(În cazul experimentului prezentat am luat lungimea pendulului rezonator 25 cm).

— Transferul de energie între excitator și rezonator este maxim.

— Energia comunicată de excitator rezonatorului compensează energia disipată sub formă de energie internă prin frecare.

Folosind datele experimentale se trasează curba $A = f(T)$. denumită curbă de rezonanță fig. 3 (a).

Experiment : Se modifică forța de frecare rotind șurubul „S" de pe axul rezonatorului.

Scanned with OKEN Scanner

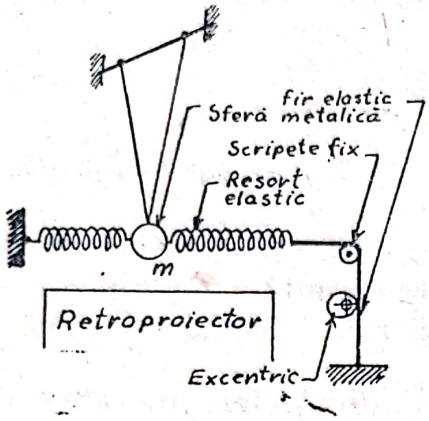
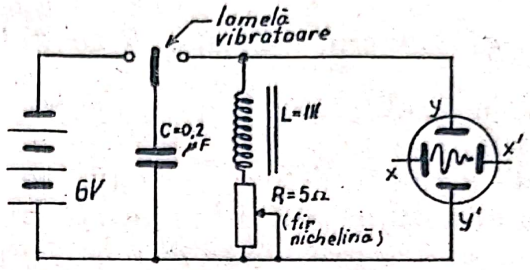


fig. 1



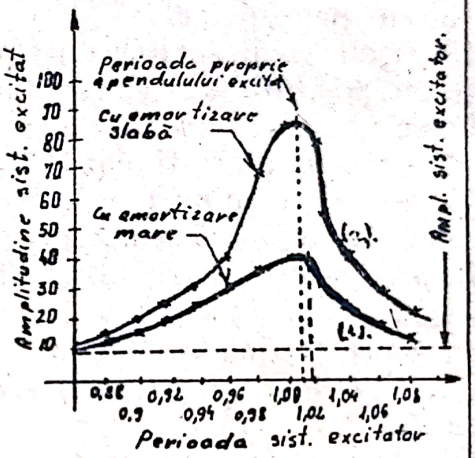


fig. 3

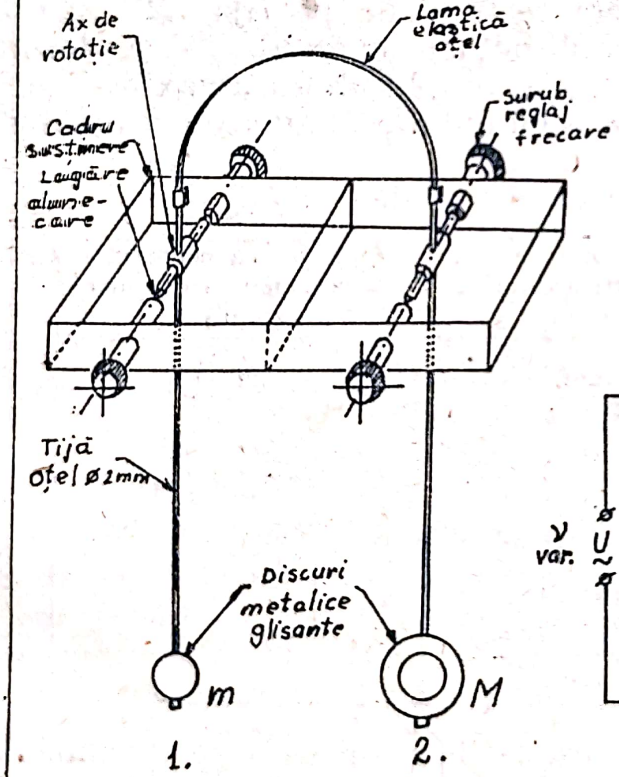


fig. 2

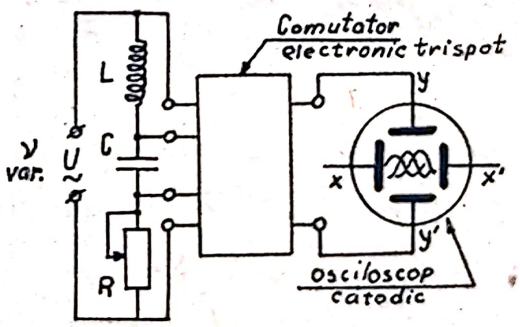


fig. 4

Scanned with OKEN Scanner

Se reiau experimentele în ordinea descrisă anterior pentru diferite valori ale forței de frecare, trecîndu-se datele în tabel. Cu datele obținute se trasează $A = f(T)$ pentru diverse valori ale forței de frecare, fig. 3, curba (b).

Interpretare : — Amplitudinea sistemului rezonator este maximă pentru perioade de oscilații ale excitatorului aproximativ egale cu perioada proprie a sistemului rezonator.

Oscilații electromagnetice forțate. Rezonanța electrică.

Studiul oscilațiilor electromagnetice forțate se realizează folosind un osciloscop cu comutator pentru trei spoturi. Schema de principiu a comutatorului cu trei spoturi este prezentată în „Revista de fizică și chimie" nr. 12 din 1979.

Se realizează montajul redat în fig. 4.

Generatorul de frecvențe variabile poate fi cel realizat de I.M.D. sau poate fi realizat după schema din fig. 5.

Experiment : Se observă pe ecranul osciloscopului tensiunile de la bornele rezistorului, condensatorului și bobinei pentru diferite frecvențe ale tensiunii de alimentare.

Pentru o anumită frecvență a tensiunii de alimentare aplicate circuitului, amplitudinea semnalului la bornele condensatorului și bobinei este maximă.

Tabel cu date :

Nr. det.	T(perioada) $\times 10^{-3}$ secunde.	A_L(amplitudinea la bornele bobinei în mm ptr. rezistență mică)	A_L pentru rezistență electrică mare
1	2	4,5	3
2	3	6,0	3
3	4	8	3
4	5	10	4
5	6	14	4
6	7	20	5
7	8	25	6
8	9	28	9
9	10	24	8
10	11	20	6
11	12	8	4
12	13	6	4
13	14	4	4

Se calculează frecvența și perioada proprie de oscilație ale circuitului. În condițiile experimentului realizat $L = 1\text{H}$; $C = 0.000002$ F. În aceste condiții perioada proprie de oscilație este aproximativ egală cu 0.0084 secunde.

Se observă că amplitudinea semnalului este maximă (28 mm) pentru o perioadă de oscilație a generatorului de freevență variabilă aproximativ egală cu perioada proprie a circuitului electric (9 este aproximativ egal cu 8,5).

Scanned with OKEN Scanner

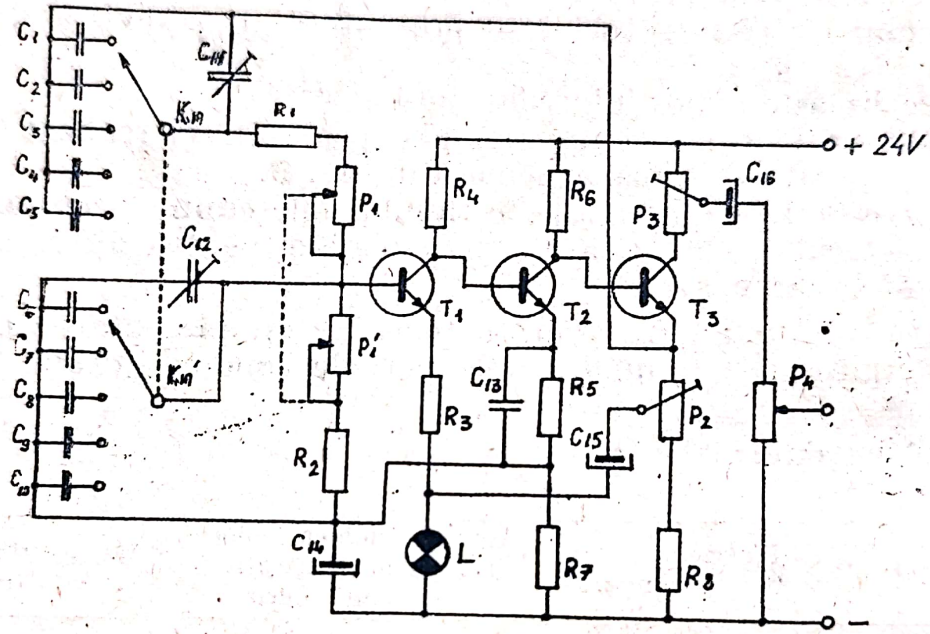


fig.5

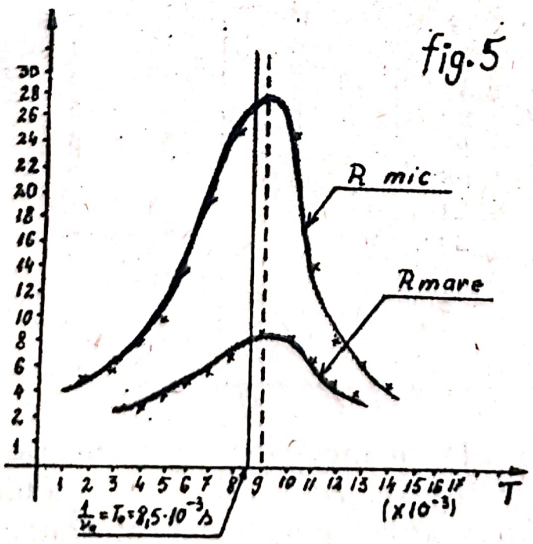


fig.6

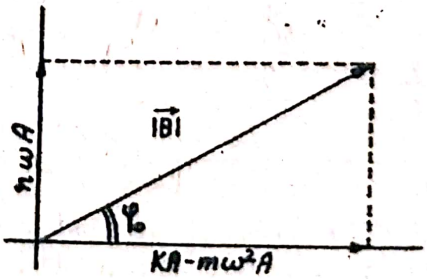


fig.7

Experiment: Se reiau determinările pentru diferite valori ale rezistenței ohmice. Datele din tabel folosesc pentru trasarea familiei curbelor de rezonanță fig. 6.

Interpretări: — Rezonanța este procesul de schimb maxim de energie între excitator și rezonator.

— În sistemele oscilante cu elemente concentrate rezonanța se obține pentru o singură perioadă (frecvență) de oscilație a excitatorului, aproximativ egală cu perioada proprie de oscilație a rezonatorului.

Exerciții de consolidare a cunoștințelor dobîndite prin experiment:

1. Folosind relațiile de analogie între cele două tipuri de sisteme oscilante cu parametrii concentrați, stabiliți relația de calculare a frecvenței proprii a unui sistem electric oscilant:

„K" analog cu „$1/C$". „m" analog cu „L". $\omega^2 = K/m \Rightarrow \omega^2 = \sqrt{(1/LC^2)}$ rezultă $\omega = \sqrt{\dfrac{1}{LC}}$

2. Studiați teoretic rezonanța mecanică folosind reprezentarea prin fazori, fig. 7.

Forțele care acționează asupra sistemului oscilant sînt:

— forța elastică $\vec{F}_1 = -K\vec{y} = -K\vec{A}\sin \omega t$.

— forța de frînare (amortizare)

$$\vec{F}_2 = -r\vec{v} = -r\omega\vec{A}\cos \omega t = -r\omega\vec{A}\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

— forța excitatoare $\vec{F}_3 = \vec{B}\sin \omega t$.

Conform legii a doua a mecanicii:

$$m\vec{a} = -K\vec{y} - r\vec{v} + \vec{B}\sin \omega t; \quad \vec{a} = -\omega^2\vec{y} = -\omega^2\vec{A}\sin \omega t.$$

$$-m\omega^2\vec{A}\sin \omega t + K\vec{A}\sin \omega t + r\omega\vec{A}\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \vec{B}\sin \omega t.$$

$B^2 = A^2(r^2\omega^2 + (K - m\omega^2)^2)$ rezultă că:

$$A = \frac{B}{\sqrt{r^2\omega^2 + (K - m\omega^2)^2}} = \frac{B}{m\sqrt{\left(\dfrac{r\omega}{m}\right)^2 + \left(\dfrac{K}{m} - \omega^2\right)^2}}$$

$$\frac{K}{m} = \omega^2; \qquad A = \frac{B}{m\sqrt{\left(\dfrac{r\omega}{m}\right)^2 (\omega_0^2 - \omega^2)^2}}$$

Scanned with OKEN Scanner

Pentru amortizări slabe r/m este aproximativ egal cu zero.

$$A = \frac{B}{m(\omega_0^2 - \omega^2)} \qquad \text{dacă} \quad \omega \to \omega_0 ; \quad A \to \infty$$

Această condiție nu poate fi realizată experimental.

Pentru amortizări apreciabile amplitudinea maximă se obține cînd $\omega_0^2 - \omega^2 = 0$ adică $\omega = \omega_0$, condiție obținută experimental.

Modelul matematic ales în tratarea rezonanței mecanice îmbracă realitatea fizică.

Lista de piese

pentru montajul din fig. 5

Condensatori

nepolarizați :

$C_1 = C_6 = 100$ pF.

$C_2 = C_7 = 1{,}5$ nF.

$C_3 = C_8 = 15$ nF.

$C_4 = C_9 = 150$ nF.

$C_5 = C_{10} = 1{,}5$ µF.

$C_{13} = 2{,}2$ nF.

polarizați :

$C_{14} = C_{15} = C_{16} = 220$ µF/25 V.

trimeri :

$C_{11} = C_{12} = 50$ pF.

Rezistori de 0,25—0,5 *W* :

$R_1 = R_2 = 910\ \Omega$ $R_3 = 1{,}1$ kΩ $R_4 = 12$ kΩ

$R_5 = 330\ \Omega$ $R_6 = 3{,}9$ kΩ $R_7 = 1$ kΩ

$R_8 = 390\ \Omega$

Potențiometre semireglabile :

$P_2 = 100\ \Omega$ $P_3 = 220\ \Omega$

Potențiometre :

$P_1 = 2 \times 10$ kΩ logaritmic.

$P_4 = 1$ kΩ liniar.

Becul L — tip telefonic 12 V/50 mA.

$T_1 = T_2 = T_3 =$ BC 107.

BIBLIOGRAFIE

1. *D. Halliday* — „Fizică vol. 1 și 2".
2. *R. Brenneke* și *G. Schuster* — „Fizică — Manual pentru cursul superior al liceului"

Scanned with OKEN Scanner

FOLOSIREA FOLIILOR DE RETROPROIECTOR PENTRU REZOLVAREA PROBLEMELOR DIFICILE DIN MANUALELE DE FIZICĂ

Profesor *TROCARU GABRIELA* *, Buzău

Şcoala de azi are rolul de a instrui şi educa, de a forma viitorii specialişti, oameni de mîine, care să răspundă la cerinţele societăţii noi. Aceasta presupune ca şcoala să modeleze structurile psihice ale elevului, să-i educe personalitatea, să-i formeze o gîndire logică, capabilă să creeze în cele mai variate domenii. A gîndi ştiinţific înseamnă a avea capacitatea de a explica şi interpreta un fenomen nou întîlnit, cu ajutorul unui sistem de principii şi concepte fundamentale însuşite anterior.

Pentru a dobîndi cunoştinţe noi, prin activitate independentă, elevul trebuie obişnuit cu metodele de cercetare în învăţarea fizicii. Prin structurarea materiei, prin stabilirea unor obiective clare, principii de altfel realizate prin programa de fizică, la finele şcolii elevul are nu numai un bagaj de cunoştinţe de fizică dar este deprins cu „spiritul metodei ştiinţifice" — cum spunea academicianul Şerban Ţiţeica.

În activitatea de învăţare cei doi participanţi — profesorul şi elevul sînt în raport dialectic.

Predarea de către profesor presupune învăţare din partea elevului. Fără această participare activă şi conştientă a elevului, acţiunea e unilaterală şi deci fără eficienţă în procesul instructiv-formativ. De aceea, una din laturile învăţămîntului modern este şi aceea de reconsiderare, revalorificare a relaţiei profesor-elev — relaţie care trebuie privită din punct de vedere al omului către om — mai întîi şi apoi de la profesor la elev.

Omul modelează natura, societatea şi gîndirea pentru a le cunoaşte, mai bine. Profesorul modelează fenomenele reale pentru a le face mai clare pentru elev, în acelaşi timp îi dezvoltă imaginaţia, inteligenţa, aptitudinile. În acelaşi timp profesorul trebuie să trezească în elev dorinţa de autoperfecţionare, de autoeducaţie. Pentru a realiza toate acestea, pe lîngă personalitatea şi autoritatea profesorului, un rol important îl au mijloacele moderne. Tehnica modernă de instruire determină mutaţi calitative în relaţia profesor elev — în sensul conlucrării, în vederea asimilării de noi şi cît mai multe cunoştinţe, în vederea valorificării acestora şi a dobîndirii de către elev a unei metodologii de autoinstruire.

Laboratorul este locul unde se valorifică capacitatea creatoare a elevului, se formează personalitatea, se educă gîndirea divergentă. Nu facem din elevi cercetători, dar le educăm capacitatea creativă. Creativitatea se dezvoltă pe baza conflictului din situaţia problematică şi con-

* L. B. P. Haşdeu

Scanned with OKEN Scanner

stituie rezultatul ei necesar, în care au un rol hotărîtor flexibilitatea gîndirii, analiza şi caracterul ei critic.

Întregul proces de învăţare are caracter de problemă. Procesul de învăţare este în primul rînd o situaţie problematică. În învăţarea fizicii problemele au un rol foarte important —ele crează situaţiile problematice care duc în final la învăţarea ştiinţei fizicii.

După unii autori problemele se clasifică în :

1) probleme care implică un dezacord între vechile cunoştinţe ale elevului şi cerinţele problemei date ;

2) probleme care cer elevului să aleagă soluţia corectă dintr-o succesiune de procedee cunoscute şi să completeze datele necunoscute ;

3) probleme care conţin contradicţii între soluţiile teoretice şi aplicarea lor practică ;

4) probleme care-i solicită pe elevi să sesizeze dinamica dezvoltării unui proces chiar într-o schemă aparent statică ;

5) probleme care cer aplicarea, în condiţii noi a unor cunoştinţe asimilate anterior.

Pentru rezolvarea unor probleme dificile putem folosi retroproiectorul, mijloc modern, la îndemînă pentru instruire. Aşa cum ştim, el posedă un potenţial pedagogic, necesar oricînd în procesul de învăţare. Folosit pentru clarificarea unor situaţii problematice, în rezolvarea problemelor, ajută pe elevi să depăşească stadiul de ,,criză'' mai ales la început de liceu. Iată cîteva tipuri de situaţii în care prezentarea pe folii, la retroproiector, ne e de un real folos.

1) *Procese în desfăşurare pe etape* :

Exemplu : problema nr. 15 pagina 34 din manualul de clasa a IX-a : Un biciclist se mişcă rectiliniu uniform pe o bicicletă. Cum va arăta traiectoria unui punct de pe obada roţii într-un sistem de referinţă legat de :

a) roată
b) rama bicicletei
c) Pămînt ?

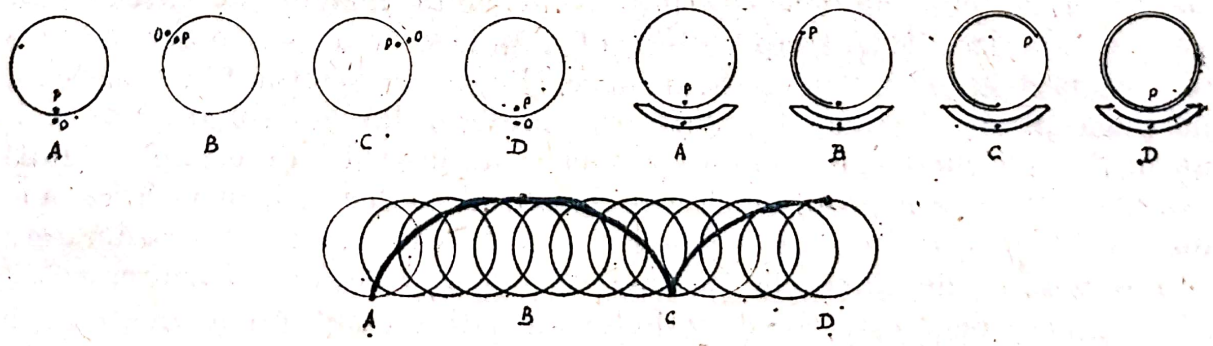


Fig. 1

Pentru reprezentarea mişcării — în fig. 1-a cele 4 etape A, B, C, D desenate pe cîte o folie, prin suprapunere vor arăta că din sistemul de referinţă legat de roată, traiectoria este un punct. În figura 1-b, prin suprapunerea poziţiilor A, B, C, D se va observa traiectoria — un cerc, din

sistemul observator pe rama bicicletei. Iar în figura 1-c din sistemul Pămînt observatorul va vedea, prin suprapunerea celor 4 etape A, B, C, D, atît mişcarea de translaţie cît şi cea de rotaţie — traiectoria fiind o cicloidă.

2) *Algoritmizarea învăţării* prin desfăşurarea într-un sistem de operaţii intelectuale, pe baza folosirii unor algoritmi.

Exemplu — deducerea legii mişcării oscilatorii armonice cu ajutorul mişcării circulare figura 2.a.

Pornind din poziţia iniţială A, punctul material P, va descrie o mişcare circulară ; prin suprapunere cu poziţia B, se vede proiecţia mişcării

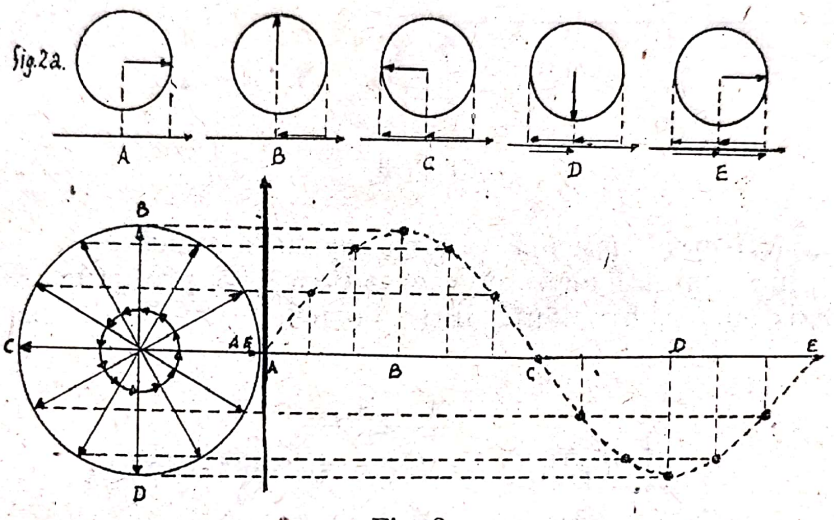


Fig. 2

pe axa orizontală — descriind o traiectorie rectilinie, indicată de săgeţi. Suprapunînd poziţiile C, D, E, se observă că în timp ce P descrie un cerc, proiecţia lui descrie o mişcare oscilatorie pe axa orizontală.

În figura 2-b prin suprapunerea etapelor A, B, C, D, se vizualizează legea de mişcare — o lege sinusoidală.

3) *Informaţii suplimentare* pentru rezolvarea problemelor şi situaţiilor problematice.

Exemplu — manual „Electricitate şi optică" clasa a-XII-a pagina 177 problema 7.

Cu o lentilă convergentă L, avînd distanţa focală de 40 cm, se proiectează pe un ecran o imagine reală şi răsturnată a unui obiect AB perpendicular pe axa principală.

a) La ce distanţă de obiect trebuie să fie aşezată lentila pentru ca imaginea să apară pe ecran de 4 ori mai mare ca obiectul ?

b) Care va fi distanţa lentilelor la ecran ?

c) Se aşază între ecran şi L la un metru de ecran o lentilă divergentă L' avînd aceeaşi axă ca L.

Imaginea A'B' dispare ; depărtînd ecranul de lentila L' apare o imagine $A''B''$; ea este de două ori mai mare decît $A'B'$, adică de 8 ori mai mare decît obiectul AB.

Care este sensul imaginii $A''B''$ în raport cu obiectul AD ? Care este distanţa focală a lentilelor divergente ? Care este distanţa în noua poziţie de la ecran la lentila L ?

Pentru a rezolva problema, avem nevoie de reprezentarea grafică.

Ea se face în două etape: o dată pentru lentila convergentă L și apoi pentru lentila divergentă L'. Se observă în același timp cum imaginea reală $A'B'$ devine obiect virtual și fiind situat între lentila divergentă și planul ei focal, va da o imagine reală. Figura 3-a; 3-b.

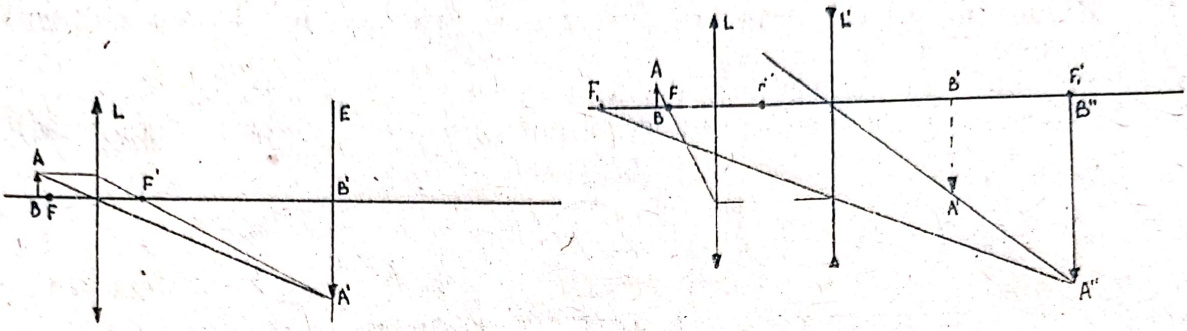


Fig. 3

4) *Simplificarea figurilor* pentru ușurința rezolvării.

Exemplu: manual clasa a X-a pagina 163 problema 20 b. Să se calculeze rezistența echivalentă între bornele A și B ale circuitului din figura 4.

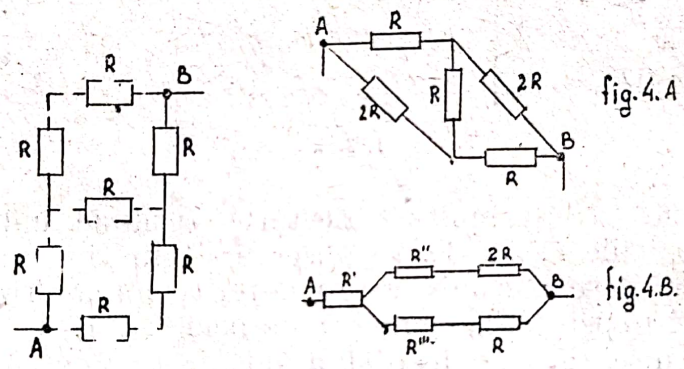


Fig. 4

Ea se poate reptezenta mai simplu în figura 4-A, apoi în figura 4-B, după care problema se rezolvă simplu prin metode cunoscute.

5) *Pentru învățare*:

La capitolul „curent alternativ" din manualul de clasa a-X-a pentru reprezentarea puterii instantanee cu timpul, se poate reaminti, reprezentarea grafică a energiei cinetice și potențiale a unui oscilator (figura 5 a) cu pozițiile A și B ce se suprapun.

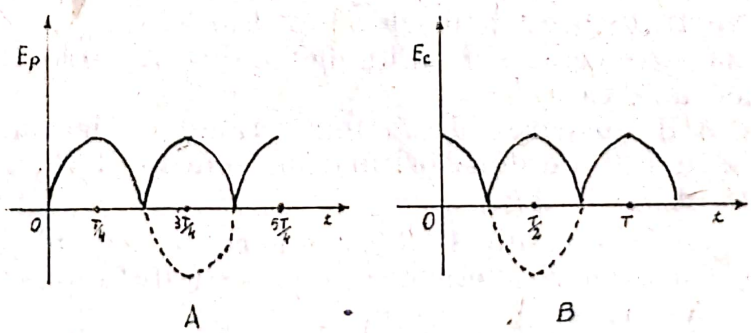


Fig. 5

În figura 5-b în 3 poziţii A, B, C se observă că valorile medii pe o perioadă, ale mărimilor U şi i, sînt nule, iar valoarea medie a puterii

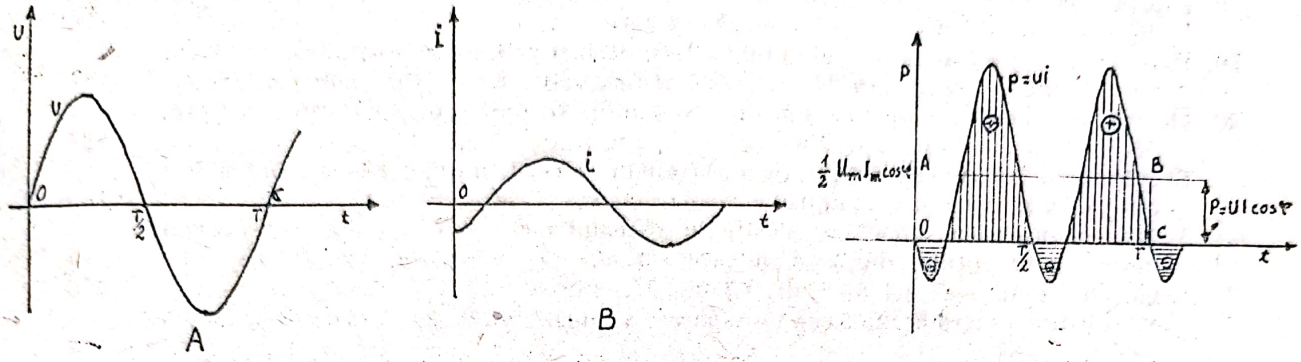


Fig. 5

este diferită de zero. De asemenea, din cele două grafice se vede că (sin α) sau (cos α) sînt funcţii sinusoidale, pe cînd pătratele lor nu.

BULETIN DE FIZICĂ ŞI CHIMIE

Nr. 5/1981

SUMAR

1. Problema energiei şi tehnica modernă de conf. dr. *I. Gavrilă* şi prof. univ. dr. ing. *C. Iliescu*, Braşov 1
2. Îndrumări metodico-ştiinţifice privind predarea cunoştinţelor despre acizi, baze şi săruri de conf. univ. dr. *Makkay Francisc* şi lect. univ. *Murgu George*, Cluj Napoca 10
3. Observaţii privind folosirea polinoamelor Laguerre în mecanica cuantică de cercet. şt. *Gorbănescu Gh.*, Iaşi 50
4. Legarea teoriei de practica în procesul de predare-învăţare a polimerilor de prof. *Neamţu Mariana*, Cluj-Napoca 55
5. Potenţialul newtonian într-un punct produs de o masă egală cu unitatea, situată la distanţa r de origine de prof. dr. *Sima Petre*, Braşov 64
6. Folosirea fişelor de lucru în procesul de însuşire şi aprofundare a cunoştinţelor de chimie de conf. univ. *Makkay F.* şi lect. univ. dr. *Makkay K.* Cluj-Napoca . . . 73
7. Procese politrope de prof— Valeria Anghel şi prof. *Arhire G.*, Iaşi 87
8. Teste pentru verificarea cunoştinţelor de chimie la clasele XI şi IX de lect. dr. *V. Voiculescu*, Craiova 93
9. O paralelă între fenomenele electrice şi magnetice de ing. *P. Dănescu*, Bucureşti . . 98
10. Test „cu săgeţi", pentru verificarea cunoştinţelor de echilibru chimic omogen, în soluţie lichidă (cls. XI) de lect. dr. *V. Voiculescu*, Craiova 106
11. Unde gravitaţionale de prof. *C. C. Ciubotariu*, Iaşi 111
12. Integrarea experimentului în lecţiile de chimie de şef lucr. *Tică R.* şi prof. *Tică T.* şi prof. *Laslean Em.*, Braşov 117
13. Odiseea descoperirii ultimelor 4 elemente din tabelul sistemului periodic al lui *D. I. Mendeleev* de prof. *I. Popescu* Iaşi 121
14. Termodinamica şi cinetica coroziunii chimice asist. *Ionescu Clement*, Petroşani . . 125
15. Algoritm al formalismului Lagrange-Hamilton pentru sistemul clasic particulă-cîmp electromagnetic de dr. *Popa Alex.*, Bucureşti 128

Scanned with OKEN Scanner

16. Modalitate de organizare a unei lecții de recapitulare cu caracter interdisciplinar cu exemplificare pentru capitolul de electrochimie de prof. *Grecescu C.*, București 137
17. Metoda röntgenografică folosită în studiul straturilor subțiri de Al și Si de chim. *Muscalu M.*, Breaza . . . 142
18. Aspecte metodice privind predarea reacției de neutralizare și hidroliză, de prof. *Butunoiu G.* și prof. *Leibovici Barbu*, Galați . . . 150
19. Determinarea wolframului și aluminiului din oțeluri prin metode spectrofotometrice de lect. univ. *Hotinceanu M.*, fiz. *Panait Gr.*, asist. univ. *Ruxanda Gr.*, Ploiești 162
20. Metode și procedee didactice folosite în studiul reacțiilor de substituție de prof. *Muciuciora Elisabeta*, Tg. Jiu . . . 164
21. Spectroscopii moleculare în infraroșu și Raman de asist. univ. *Ruxanda Gr.* și lect. univ. *Hotinceanu M.*, Ploiești . . . 169
22. Metode și procedee didactice folosite în sistematizarea și evaluarea cunoștințelor despre combinațiile complexe de prof. *Muciuciora Elisabeta*, Tg. Jiu . . . 174
23. Legătura metalică de șef lucr. dr. *Ciopec M.*, Ploiești . . . 178
24. Electrodializa — metodă modernă de separare și purificare de prof. *Aizicovici Simona*, Iași . . . 191
25. Determinarea constantei lui Planck printr-o metodă de electroluminescență de fiz. *Crăciun P.* și *Ieli M.*, București . . . 200
26. Test de verificare de prof. *Muciuciora Elisabeta*, Tg. Jiu . . . 203
27. Interpretări geometrice în teoria relativității restrînse de prof. *Georgescu Ioana* și prof. *Georgescu Sever Iosif*, București . . . 204
28. Modalități de formare a noțiunilor de legături chimice, explicarea proprietăților substanțelor de prof. *Spătărescu M.*, Cîmpulung Moldovenesc . . . 214
29. Metoda radarului (sau metoda factorului k) în teoria relativității restrînse de prof. *Dumitru M.*, București . . . 219
30. Sistemele disperse moleculare de prof. *Hulpoi Areta*, Prof. *Dragomir El.* Iași . . 229
31. Radiații cosmice de fiz. *Malinovschi Viorel*, Pitești . . . 233
32. Tehnologii medievale românești de sinteză a cinabrului de stud. *Mihalcu M.* și *Drăgănoiu M.*, București . . . 242
33. Viteze cosmice de prof. *Vădeanu Elena*, Cluj-Napoca . . . 245
34. Stație pilot pentru obținerea sodiului metalic de prof. *Koch Anton*, Năsăud . . . 251
35. Fenomenul de supraconductibilitate și aplicațiile sale de prof. *Pop R.* și prof. *Pop V.*, Baia Mare . . . 257
36. Dimetilformamida (DMF) de prof. *Păștin El.*, Cîmpulung Muscel . . . 265
37. Proprietăți și utilizări ale ultrasunetelor de prof. *Rusu Oct.* și ing. *Rusu El.*, București 270
38. Metode colorimetrice de determinare a dimetilformamidei (DMF) din hidrocarburi, din aerul contaminat și din apă de prof. *Păștin El.*, Cîmpulung Muscel . . . 279
39. Implicații metodologice și filozofice ale relațiilor de nedeterminare de prof. *Bendl El.*, prof. *Cîrstina Nicolina*, Drobeta Tr. Severin . . . 283
40. Bilanțul de materiale (problemă rezolvată) de lect. dr. *V. Voiculescu*, Craiova . . . 286
41. Valoarea metodologică a informației în fizică, importanța experimentului în obținerea informației de prof. *Georgescu Sever Iosif* și prof. *Ilie Grigore*, București . . . 293
42. Folosirea teoriei benzilor de energie la interpretarea intuitivă a unor noțiuni de chimie de prof. *Temereancă Gh.*, Tg. Jiu . . . 301
43. Un punct de vedere metodologic privind formarea conceptului de teorie în procesul de învățare al științelor fundamentale de prof. *Georgescu Sever Iosif*, București 306
44. Modelarea în studiul hidrocarburilor aromatice de prof. *Buculei M.*, Brăila . . . 321
45. Abordarea termodinamicii prin folosirea intensivă a mijloacelor vizuale de prof. *Nicoară Cornel*, Cîmpia Turzii . . . 324
46. Considerații teoretice asupra transpoziției benzidinice de prof. *Serafimescu Iolanda*, Cîmpulung Muscel . . . 337
47. Fizica și tehnica. Corelații și interferențe între activitatea fizicianului și a inginerului de prof. *Sfichi Romulus*, Suceava . . . 343
48. Modelul repulsiei perechii de electroni pentru geometria moleculară de prof. *Sarpe Amalia*, Orșova . . . 348
49. Un învățămînt modern cu metode active de învățare necesită trimiteri interdisciplinare de prof. *Rusu Oct.* și ing. *Rusu El.*, București . . . 350

Scanned with OKEN Scanner

50. Proprietăţi chimice ale alcoolilor de prof. *Nicolescu Veronica*, Tr. Măgurele 354
51. Metode active în învăţarea fizicii şi chimiei de prof. *Rusu Oct.* şi ing. *Rusu El.*, Bucureşti 357
52. Algoritmul şi rolul lui în rezolvarea problemelor de chimie de prof. *Popa I.*, şi prof. *Malet I.*, Piteşti 365
53. Limbajul ştiinţific presupune accesibilitate şi „rezonanţe" de prof. *Rusu Oct.* şi ing. *Rusu El.*, Bucureşti 367
54. Acizi-baze în chimia organică de prof. *Miron Fl.*, Iaşi 370
55. Să introducem în fizica didactică (obiect de învăţământ) utilul interdisciplinar şi noutatea ştiinţifică de prof. *Rusu Oct.*, Bucureşti 375
56. Utilizarea schemelor în predarea chimiei de prof. *Nicolescu El.*, Craiova 378
57. Despre metoda modelării în predarea fizicii de prof. *Zăbară Viorica*, Bucureşti . . 379
58. Efectul chimic al radiaţiilor în cazul apei şi al soluţiilor apoase de elevă *Munteanu Violeta*, Bucureşti 384
59. Dispozitiv pentru încercări la solicitarea de torsiune. Pendulul de torsiune de prof. *Georgescu Sever Iosif*, Bucureşti 390
60. Aspecte metodice privind predarea termochimiei de prof. *Joantă V.*, Făgăraş . . . 395
61. Integrarea experimentului în studiul rezonanţei mecanice şi electronice în sisteme oscilante cu elemente concentrate de prof. *Anghel V.* şi prof. *Arhire G.*, Iaşi 420
62. Folosirea foliilor de retroproiector pentru rezolvarea problemelor dificile din manualele de fizică de prof. *Trocaru G.*, Buzău 427
63. 150 de ani de la naşterea lui James Clerk Maxwell de prof. univ. dr. Dima Ion, Bucureşti . . . . . .

150 DE ANI DE LA NAŞTEREA LUI JAMES CLERK MAXWELL

Prof. univ. dr. *DIMA ION**, Bucureşti-Măgurele

La 6 iulie 1831 în Edinburgh s-a născut, cel care avea să devină unul din cei mai mari fizicieni ai secolului 19 şi al tuturor timpurilor, James Clerk Maxwell.

După o instruire de început, la vîrsta de 10 ani James este trimis la Academia din Edinburgh. În primii ani el manifestă un interes scăzut faţă de şcoală, pînă în momentul în care tatăl lui îi arată o serie de dispozitive electrice şi magnetice. Printr-o autoeducaţie severă se adaptează la cerinţele şcolii şi progresul lui intelectual începe să fie rapid. La vîrsta de 14 ani cîştigă o medalie în domeniul matematicii. În acel timp descoperă o metodă de construcţie a suprafeţelor ovale folosită în arhitectură. Acest fapt atrage atenţia profesorului de filosofie naturală J. D. Forbes care se adresează, cu prima lucrare ştiinţifică a lui Maxwell, Societăţii Regale din Edinburgh. Tot atunci James începe să experimenteze în laboratorul lui Forbes fiind atras de proprietăţile substanţelor elastice, de proprietăţile lumii polarizate ca şi de interferenţa luminii (de inelele lui Newton). Cercetările nu-i permit să înregistreze progrese importante pe toate planurile învăţăturii dar nu-l împiedică să ajungă în ultimul an de studii primul la matematică şi limba engleză şi foarte bun la latină.

La vîrsta de 16 ani se înscrie la Universitatea din Edinburgh, unde studiază trei ani aproape fără o supraveghere profesională. Interesul pe care îl manifestă faţă de optică se concretizează în studiul deformării corpurilor elastice transparente cu ajutorul dublei refracţii. Imaginile pe care le obţine le desenează şi le trimite lui Nicol.

La 19 ani publică o lucrare în care analizează matematic curbarea razelor luminoase şi răsucirea cilindrilor cu confirmare în lumină polarizată a rezultatelor matematice.

Tatăl, la sfatul lui Forbes, îl trimite pe James în 1850 la Cambridge. La Trinity College, Maxwell îşi pregăteşte examenele sub îndrumarea lui William Hopkins, care se arată surprins de varietatea şi profunzimea cunoştinţelor studentului său. Hopkins exercită o influenţă hotărîtoare asupra lui Maxwell ajutîndu-l pe acesta să-şi sistematizeze şi să şi folosească metodic cunoştiinţele pe care le avea sau le însuşea. Hopkins îl considera cel mai bun student, care reuşea să înţeleagă cel mai bine fenomenele fizice dar care trebuia să se mai perfecţioneze în minuirea aparatului matematic. Prietenii încep să înţeleagă că Maxwell este o personalitate ieşită din comun. În 1854 Maxwell îşi trece examenele de graduat ocupînd locul doi în generaţia care absolvea atunci studiile.

* Facultatea de Fizică

Scanned with OKEN Scanner

În același an William Thomson îl încurajează să se ocupe de fenomenele electrice. Maxwell citește cu mare atenție lucrările lui Faraday care îl vor determina să înceapă o operă vastă în domeniul electromagnetismului. Maxwell înțelege că noțiunile de cîmp ale lui Faraday pot fi descrise matematic. În prima lui lucrare de electricitate (1855) Maxwell observă că în timp ce sînt cantitativ cunoscute fenomenele electrice, magnetice, ale curenților, luate separat, nu sînt cunoscute relațiile dintre aceste grupuri mari de fenomene. Din acel moment a fost definit un program care-l va conduce la descoperirea ecuațiilor cîmpului electromagnetic între anii 1861—1866.

După 1855 este atras și de cercetările din domeniul fizicii moleculare unde se remarcă prin stabilirea funcției de distribuție ce-i poartă numele. Rezultatele cercetărilor din acest domeniu sînt publicate într-o serie de lucrări dintre care amintim : „Illustrations of the Dynamical Theory of Gases" (1860), „On a final State of a System of Molecules in Motion Subject to Forces of Any Kind" (1873), „On Boltzmann Theorem on Average Distribution of Energy in a System of Material Points" (1879).

În paralel își desfășoară activitatea de cercetare în domeniul electromagnetismului unde reușește să stabilească sistemul de ecuații care îi poartă numele. Rezultatele obținute în acest domeniu sînt sintetizate în „A Treatise on Electricity and Magnetism" (1873). În această lucrare sînt reconsiderate experiențele, descoperirile, concepțiile asupra electricității și magnetismului cunoscute și se realizează saltul spre înțelegerea fizică, într-o haină matematică adecvată a legăturii dintre fenomenele electrice și cele magnetice. În prefața la „Tratat" Maxwell scrie, referindu-se la ineracțiile dintre corpurile electrizate, „ele se clasează în fenomene numite electrice", referindu-se la interacțiile dintre corpurile magnetice, „ele se clasează în fenomene numite magnetice" apoi „este recunoscut faptul că există o legătură între aceste două clase de fenomene ; relațiile dintre diferitele fenomene ale acestor două clase, atît cît ele sînt cunoscute, constituie știința electromagnetismului". Mai departe el scrie „În acest Tratat, eu îmi propun, să descriu cele mai importante dintre aceste fenomene, de a arăta cum pot fi supuse măsurării și a cercetat relațiile matematice care există între cantitățile măsurate". Lucrarea în sine respectă riguros acest plan ajungînd să redea ecuațiile cîmpului electromagnetic și ale undelor electromagnetice.

Maxwell moare la 5 noiembrie 1879.

Tratatul este retipărit și completat, pe baza cercetărilor efectuate de autorul lui după 1873, de Nevin în anul 1881.

A treia ediție este pregătită și tipărită în 1891 sub îngrijirea lui J. J. Thomson, care în spiritul gîndirii lui Maxwell face o serie de adăugiri ajungînd să elaboreze și un „Supplîment Volum".

Această a treia ediție avea să cunoască cea mai largă răspîndire.

Maxwell a desfășurat, în cîteva colegii și universități, munca de profesor pe care a îmbinat-o în modul cel mai strălucit cu munca de cercetător. Aceste două fațete ale unei munci prodigioase se regăsesc în „Tratat".

Contribuțiile lui Maxwell în domeniul electromagnetismului, ca și în cel al fizicii statistice, constituie momente de răscruce în evoluția fizicii. Aceasta l-a determinat pe Einstein în 1931 să afirme : „Din timpul lui Maxwell, realitatea fizică poate fi reprezentată prin cîmpuri continui și nu mai poate fi interpretată mecanic. Această schimbare în concepția despre realitate este una dintre cele mai profunde și mai fructuoase pe care fizica le-a cunoscut de la Newton încoace".

BIBLIOGRAFIE

Maxwell J. C. „A Treatise on Electricity and Magnetism" (1873) Clarendon Press
Ella evici M. A., Protko T. C., U.F.N., v. 135, nr. 3, p. 381 (1981)
Levin M. L. Miller M. A., ibidem, p. 425
Crowther J. G. Cavendish Laboratory 1874—1974 (1974) MacMillan.

I. P. Informația c. 1440

Index 43 460

Lei 20

Scanned with OKEN Scanner